



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

Jairo Nosif Luch Aldana

Asesorado por el Ing. Byron Chocooj Barrientos

Guatemala, abril de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE
PRODUCCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JAIRO NOSIF LUCH ALDANA

ASESORADO POR EL ING. BYRON CHOCOOJ BARRIENTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 16 de noviembre de 2009.



Jairo Nosif Luch Aldana

Guatemala, Junio de 2010

Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizú

Tengo el agrado de informarle que he efectuado la revisión final del trabajo de graduación titulado **“MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN”**, presentado por el estudiante Jairo Nosif Luch Aldana, en mi calidad de asesor, cargo para el cual fui autorizado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

Considero que el trabajo en mención cubre los objetivos propuestos, presentando un tema de actualidad y de aplicación teórica y práctica, contribuyendo así a la mejora continua de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

Atentamente,



Ingeniero Byron Chocooj Barrientos
Asesor
Colegiado No. 4509



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado, **MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Jairo Nosif Luch Aldana**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval.

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, Noviembre de 2010

/agrm



REF.DIR.EMI.040.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Jairo Nosif Luch Aldana**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2011.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Jairo Nosif Luch Aldana**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, abril de 2011



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por otorgarme la vida, por mis habilidades y destrezas, por lo que ahora soy y lo que seré.
- Mis padres** Israel Luch Ruano y Victoria Guadalupe Aldana, por el amor, el apoyo incondicional que me han brindado para lograr mis metas, las cuales nunca hubiera alcanzado sin su ayuda.
- Mi hermana** Lesly Zulema, por ser un gran apoyo y brindarme su confianza y cariño incondicional.
- Mis abuelitas** Silvia Ruano y Paula Aldana, por sus sabios consejos, confianza y cariño.
- Mis tíos** Por sus consejos y por la confianza que depositaron en mí, en especial a tío Marco Tulio (q.e.p.d.), por su sabiduría, consejos, cariño y apoyo incondicional.
- Mis primos** Por los lazos que nos unen y compartir conmigo los momentos más felices de mi vida.
- Mis amigos** Maco Antonio, Cristóbal, Alex, Gustavo y en especial a la familia Hernández Wolford.

AGRADECIMIENTOS A:

**Ing. Alberto Hernández e
Inga. María Martha Wolford**

Por su apoyo, cariño, consejos y su invaluable amistad.

Ing. César Urquizú

Por su colaboración y apoyo.

**Lic. Oscar Segura e
Ing. Byron Chocooj**

Por su guía y apoyo en la realización de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. PRECEDENTES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL.....	1
1.1 Antecedentes de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la unidad ejecutora de la carrera.....	1
1.2 Reseña histórica de la carrera de ingeniería industrial...	2
1.3 Descripción de la carrera de Ingeniería Industrial.....	3
1.4 Misión, visión y objetivos de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.....	4
1.5 Valores y política de calidad de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.....	5
1.6 Estructura administrativa de la unidad ejecutora de la carrera.....	7
1.7 Análisis FODA de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.....	8
2 MANUAL DE PRÁCTICAS PARA INGENIERÍA DE PLANTAS.....	11
2.1 Práctica No. 1 Desarrollo de un nuevo producto y riesgos industriales.....	11
2.2 Práctica No. 2 Localización industrial.....	16

2.3	Práctica No. 3 Localización metropolitana.....	32
2.4	Práctica No.4 Cartas de Ringelman.....	37
2.5	Práctica No. 5 Edificios industriales.....	45
2.6	Práctica No. 6 Ventilación y control de ruido.....	62
2.7	Práctica No. 7 Iluminación industrial.....	80
2.8	Práctica No. 8 Planeación de procesos.....	90
2.9	Práctica No. 9 Distribución de maquinaria.....	101
2.10	Práctica No. 10 Estudio de impacto ambiental.....	122
2.11	Práctica No. 11 Buenas prácticas de manufactura.....	155
3	MANUAL DE PRÁCTICAS PARA INGENIERÍA DE MÉTODOS.....	177
3.1	Práctica No. 1 Productividad.....	177
3.2	Práctica No. 2 Diseño del proceso (diagramas de operaciones y procesos).....	184
3.3	Práctica No. 3 Diagrama hombre-máquina.....	195
3.4	Práctica No.4 Diagrama bimanual y estudio de movimientos.....	207
3.5	Práctica No. 5 Ergonomía.....	219
3.6	Práctica No. 6 Método propuesto.....	232
3.7	Práctica No. 7 Estudio de tiempos.....	240
3.8	Práctica No. 8 Cronometración.....	249
3.9	Práctica No. 9 Balance de líneas.....	266
4	MANUAL DE PRÁCTICAS PARA DISEÑO DE LA PRODUCCIÓN.....	279
4.1	Práctica No. 1 Conceptos generales y diseño de la empresa.....	279

4.2	Práctica No. 2 Diseño del producto y técnicas de creatividad.....	281
4.3	Diseño del proceso (diagramas de operaciones y procesos).....	285
4.4	Práctica No. 4 Diseño de operaciones de servicio.....	295
4.5	Práctica No. 5 Secuencia de prioridades.....	298
4.6	Práctica No. 6 Balance de líneas.....	317
4.7	Práctica No. 7 Valor del diseño.....	324
4.8	Práctica No. 8 Ingeniería de empaque.....	345
4.9	Práctica No. 9 Programación agregada.....	353
5	MANUAL DE PRÁCTICAS PARA CONTROLES INDUSTRIALES.....	365
5.1	Práctica No. 1 Administración de la calidad.....	365
5.2	Práctica No. 2 Mejoramiento de la calidad.....	378
5.3	Práctica No. 3 Control estadístico de la calidad y estadística básica.....	392
5.4	Práctica No. 4 Control estadístico del proceso, gráficas por variables.....	398
5.5	Práctica No. 5 Control estadístico del proceso, gráfico por atributos.....	408
5.6	Práctica No. 6 Muestreo de aceptación.....	428
6	MANUAL DE PRÁCTICAS PARA CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.....	435
6.1	Práctica No. 1 Pronósticos para familias de demanda estable (primera parte).....	435
6.2	Práctica No. 2 Pronósticos para familias de demanda estable (segunda parte).....	443

6.3	Práctica No. 3 Pronósticos para familias de demanda ascendente-descendente.....	451
6.4	Práctica No. 4 Pronósticos para familias de demanda cíclica.....	466
6.5	Práctica No. 5 Pronósticos para familias de demanda combinada.....	470
6.6	Práctica No. 6 Planificación de producción continua.....	476
6.7	Práctica No. 7 Planificación de producción intermitente..	512
6.8	Práctica No. 8 Planificación y control de inventarios.....	528
6.9	Práctica No. 9 Programación de la producción.....	537
6.10	Práctica No. 10 Teoría de restricciones.....	549
	CONCLUSIONES.....	571
	RECOMENDACIONES.....	575
	BIBLIOGRAFÍA.....	577

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura administrativa de la Facultad de Ingeniería.....	7
2.	Dimensiones (en pies-pulgadas) de una lámina de metal estándar.....	48
3.	Montaje de las láminas para la colocación de un techo industrial.....	49
4.	Traslape mínimo requerido para la colocación de láminas en un techo industrial.....	50
5.	Área útil de una lámina estándar para la colocación del techo industrial de la empresa SAKURA; caso práctico 2.5.4.....	51
6.	Saliente necesaria para la instalación de un techo a dos aguas; caso práctico 2.5.4.....	52
7.	Área útil a cubrir para la instalación de un techo a dos aguas; caso práctico 2.5.4.....	53
8.	Dimensiones de la nave industrial para la instalación del techo curvo en la empresa “SAKURA”; caso práctico 2.5.4.....	55
9.	Dimensiones requeridas para calcular la longitud de arco necesario para la instalación del techo curvo en la empresa “SAKURA”; caso práctico 2.5.4.....	57
10.	Dimensiones necesarias para calcular el ángulo descrito por el arco, caso práctico 2.5.4.....	57
11.	Dimensiones de la nave industrial para la instalación de un techo dientes de sierra; caso práctico 2.5.4.....	59
12.	Sistema de ventilación industrial.....	65
13.	Dimensiones de la nave industrial; caso práctico 2.6.6.....	70

14.	Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 2.8.5.....	97
15.	Diagrama de operaciones del proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 2.8.5.....	99
16.	Diagrama de recorrido del proceso para la elaboración de una puerta tipo “colonial”; caso práctico 2.8.5.....	100
17.	Distintos tipos de distribución en planta para producción en línea o en cadena.....	108
18.	Diagrama de cargas para el caso práctico 2.9.10.....	119
19.	Distribución óptima de cargas para el caso práctico 2.9.10.....	119
20.	Diagrama que muestra la distribución de los departamentos para el caso práctico 2.9.10.....	120
21.	Diagrama del proceso para la implementación de un sistema HACCP, caso práctico 2.11.7.....	162
22.	Diagrama de bloques y PCC, plan HACCP, caso práctico 2.11.7.....	175
23.	Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 3.2.5.....	191
24.	Diagrama de operaciones del proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 3.2.5.....	193
25.	Diagrama de recorrido del proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 3.2.5.....	194
26.	Diagrama hombre – máquina para la fabricación de blocks (empleando una sola máquina); caso práctico 3.3.3.....	199
27.	Diagrama hombre – máquina para la fabricación de blocks (empleando dos máquinas); caso práctico 3.3.3.....	205
28.	Diagrama de la estación de trabajo para la elaboración de un bolígrafo en la empresa “BXJ”; caso práctico 3.4.8.....	217
29.	Esquema de un puesto de trabajo bien diseñado.....	230

30.	Elementos que componen tiempo estándar.....	241
31.	Secuencia de operaciones para el ensamblado de un dispositivo electrónico en la empresa “NERV”; caso práctico 3.9.4.....	274
32.	Transformación de insumos en bienes y servicios.....	280
33.	Esquema para la creación y desarrollo de nuevos productos...	284
34.	Diagrama de flujo de proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 4.3.5.....	291
35.	Diagrama de de operaciones del proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 4.3.5.....	293
36.	Diagrama de recorrido del proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 4.3.5.....	294
37.	Diagrama de Pareto para el análisis de los vidrios defectuosos encontrados en un lote inspeccionado, caso práctico 5.1.8.....	377
38.	Diagrama Ishikawa para el caso práctico 5.1.8 inciso b.....	378
39.	Límites de control superior, central e inferior para el diámetro interno de una muestra de 25 pistones, caso práctico 5.4.3.....	402
40.	Límites de control superior, central e inferior para el rango de medias del diámetro interno de un lote de 25 pistones, caso práctico 5.4.3.....	403
41.	Límites de control superior, central e inferior de una muestra de 40 sacos de fertilizante, caso práctico 5.4.5.....	407
42.	Límites de control superior, central e inferior para la desviación estándar del peso de una muestra de 40 sacos de fertilizante, caso práctico 5.4.5.....	408

43.	Límites de control superior, central e inferior para la proporción de no conformidades encontradas en 10 lotes de 200 motores de secadora, caso práctico 5.4.4.....	415
44.	Límites de control superior, central e inferior para el número de unidades no conformes encontradas en lotes de 200 piezas de titanio para la fabricación de turbo cargadores, caso práctico 5.4.6.....	419
45.	Límites de control superior, central e inferior para el número de no conformidades por unidad encontradas en ocho motocicletas inspeccionadas, caso práctico 5.4.8.....	423
46.	Límites de control superior, central e inferior para el número de no conformidades por unidad encontradas en 25 lotes inspeccionados, caso práctico 5.4.10.....	428
47.	Gráfica de las ventas realizadas en los últimos treinta meses por la empresa panificadora “Valkiria S.A.”, caso práctico 6.3.7.....	458
48.	Flujo de proceso de la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3.....	478
49.	Planificación para la fabricación de los productos P, Q y R (sin tomar en cuenta S), caso práctico 6.7.3.....	520
50.	Planificación para la fabricación de los productos P, Q, R y S, caso práctico 6.7.3.....	522
51.	Planificación óptima para la fabricación de los productos P, Q, R y S, caso práctico 6.7.3.....	524
52.	Gráfica de control de inventario para la materia “goma base”, caso práctico 6.8.2.....	536
53.	Secuencia de operaciones empleando el método de índices para el taller “EL ESFUERZO”, caso práctico 6.9.6.....	545

54.	Factores que afectan a la empresa analizada desde el punto de vista de la teoría de restricciones.....	551
55.	Comparación de capacidades en la empresa EXCÉLSIOR, S.A., caso práctico 6.10.5.....	559

TABLAS

I.	Coordenadas y ponderación de factores para localización de una planta procesadora de alimentos para el caso práctico 2.2.6.....	22
II.	Ponderación de factores para la localización de una planta productiva para el caso práctico 2.2.8.....	25
III.	Factores y costos para el emplazamiento de una planta productiva para el caso práctico 2.2.10.....	30
IV.	Factores a tomar en cuenta para la localización industrial metropolitana de la empresa “AESIR”; caso práctico 2.3.2.....	34
V.	Factores y categorías evaluadas según el Reglamento de Localización Municipal para la localización de la empresa AESIR.....	35
VI.	Zonas de tolerancia industrial según el reglamento para la Localización Metropolitana de la Municipalidad de Guatemala.....	36
VII.	Lecturas tomadas para el estudio de Ringelman de la empresa Valkiria, S.A.; caso práctico 2.4.4.....	43
VIII.	Tabulación de los datos para el estudio de Ringelman del caso práctico 2.4.4.....	44

IX.	Tabulación de las láminas necesarias para la instalación del techo industrial en la empresa “SAKURA”; caso práctico 2.5.4.....	62
X.	Cantidad de volumen de aire necesario por persona para los distintos tipos de recintos.....	66
XI.	Número de renovaciones de aire necesario para los distintos tipos de recintos.....	67
XII.	Tipos de coeficientes para la renovación de aire.....	68
XIII.	Escala para combinar decibeles cuando existen dos o más maquinas.....	74
XIV.	Escala de decibeles para calcular el período permisible de tiempo de exposición.....	76
XV.	Número de decibeles producidos por máquina para el caso práctico 2.6.11.....	78
XVI.	Tabulación de la información necesaria para calcular el nivel de dosificación de las máquinas A, B, C, D y E; caso práctico 2.6.11.....	79
XVII.	Coeficientes para el cálculo del índice de local para determinar el coeficiente de utilización.....	87
XVIII.	Rangos medidos en Luxes para el cálculo de iluminación dependiendo el tipo de actividad que se realiza.....	88
XIX.	Descripción de los distintos símbolos utilizados para la elaboración de los diagramas de proceso.....	91
XX.	Descripción de los símbolos utilizados para elaborar un diagrama de operaciones.....	92
XXI.	Descripción de los símbolos que se emplean para elaborar un diagrama de flujo del proceso.....	94
XXII.	Diagrama de flujo de operaciones para el caso práctico 2.9.10.....	115

XXIII.	Flujo de producto trasladado entre los distintos departamentos; caso práctico 2.9.10.....	116
XXIV.	Volumen producto trasladado entre los distintos departamentos; caso práctico 2.9.10.....	117
XXV.	Sumatoria de las entradas y salidas del volumen de producción; caso práctico 2.9.10.....	118
XXVI.	Distancias recorridas entre departamentos; caso práctico 2.9.10.....	121
XXVII.	Principales modelos de evaluación de impacto ambiental.....	147
XXVIII.	Descripción del producto para la implementación de un sistema HACCP, caso práctico 2.11.7.....	161
XXIX.	Hoja de descripción del producto para implementar un plan HACCP, caso práctico 2.11.7.....	163
XXX.	Plan HACCP a implementar en la empresa Inversiones del Campo, caso práctico 2.11.7.....	168
XXXI.	Costos incurridos por la empresa “El Mundo Metálico” en los meses 1 y 2; caso práctico 3.1.5.....	182
XXXII.	Productividad parcial estimada para la empresa “El Mundo Metálico”; caso práctico 3.1.5.....	183
XXXIII.	Descripción de los distintos símbolos utilizados para la elaboración de los diagramas de proceso.....	185
XXXIV.	Descripción de los símbolos utilizados para elaborar un diagrama de operaciones.....	186
XXXV.	Descripción de los símbolos que se emplean para elaborar un diagrama de flujo del proceso.....	188
XXXVI.	Símbolos empleados para la elaboración de un diagrama bimanual.....	214
XXXVII.	Diagrama bimanual para la elaboración de un bolígrafo en la empresa “BXJ”; caso práctico 3.4.8.....	218

XXXVIII.	Causas de lesiones debido a la realización de actividades repetitivas.....	224
XXXIX.	Elementos y frecuencias para el cálculo del número de observaciones de una tarea; caso práctico 3.8.6.....	254
XL.	Factores a calificar para los cuatro aspectos que posee una tarea.....	256
XLI.	Estudio de tiempos para el ensamble de una silla de la empresa de muebles “La Mejor”; caso práctico 3.8.10.....	262
XLII.	Estaciones y tiempos estándar para la elaboración de botas casuales de la empresa “MODAS, S.A.”; caso práctico 3.9.3.....	269
XLIII.	Tiempos estándar de las operaciones necesarias para ensamblar un componente electrónico en la empresa “NERV”, caso práctico 3.9.4.....	273
XLIV.	Peso posicional y tiempos operacionales para el ensamble de un componente electrónico de la empresa “NERV” (operaciones 1 a 4); caso práctico 3.9.4.....	276
XLV.	Peso posicional y tiempos operacionales para el ensamble de un componente electrónico de la empresa “NERV” (operaciones 4 a 8); caso práctico 3.9.4.....	277
XLVI.	Descripción de los símbolos utilizados para la elaboración de los diagramas de procesos.....	285
XLVII.	Descripción de los símbolos utilizados para elaborar un diagrama de operaciones.....	286
XLVIII.	Descripción de los símbolos que se emplean para elaborar un diagrama de flujo del proceso.....	288
XLIX.	Secuencia de órdenes recibidas y tiempos de fabricación para el caso práctico 4.5.3.....	301

L.	Tiempos de operación, de flujo y fechas límites para el Caso Práctico 4.5.3.....	303
LI.	Secuencia de operaciones según el método PEPS para el caso práctico 4.5.3.....	304
LII.	Secuencia de ordenamiento según el método UEPS para el caso práctico 4.5.3.....	306
LIII.	Secuencia de órdenes según el método FMPT para el caso práctico 4.5.3.....	308
LIV.	Secuencia de órdenes según el método TPMCT para el caso práctico 4.5.3.....	310
LV.	Secuencia de órdenes según el método TPMB para el caso práctico 4.5.3.....	312
LVI.	Secuencia de órdenes según el método TPM para el caso práctico 4.5.3.....	314
LVII.	Cuadro de resumen para las secuencias de órdenes según el caso práctico 4.5.3.....	315
LVIII.	Estaciones y tiempos estándar para la elaboración de botas casuales, caso práctico 4.6.3.....	321
LIX.	Estaciones y tiempos estándar para la elaboración de pasteles, caso práctico 4.7.2.....	325
LX.	Salario por hora para las estaciones del caso práctico 4.7.2.....	326
LXI.	Tiempos estándar y número de operarios para el balance de líneas del caso práctico 4.7.2.....	327
LXII.	Pago del incentivo por operario en base a la producción real, caso práctico 4.7.2.....	330
LXIII.	Cálculo de la mano de obra directa para la operación 1 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2.....	331

LXIV.	Cálculo de la mano de obra directa para la operación 2 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2.....	331
LXV.	Cálculo de la mano de obra directa para la operación 3 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2.....	332
LXVI.	Cálculo de la mano de obra directa para la operación 4 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2.....	332
LXVII.	Cálculo de la mano de obra directa para la operación 5 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2.....	332
LXVIII.	Pago del incentivo por operario en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2.....	333
LXIX.	Cálculo de la mano de obra directa para la estación 1 en base a la producción deseada, caso Práctico 4.7.2.....	333
LXX.	Cálculo de la mano de obra directa para la estación 2 en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2.....	334
LXXI.	Cálculo de la mano de obra directa para la estación 3 en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2.....	334
LXXII.	Cálculo de la mano de obra directa para la estación 4 en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2.....	334
LXXIII.	Cálculo de la mano de obra directa para la estación 5 en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2.....	335
LXXIV.	Cálculo de la mano de obra indirecta en base a la producción real, caso práctico 4.7.2.....	335
LXXV.	Cálculo de la mano de obra indirecta en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2.....	336
LXXVI.	Costos variables unitarios para la fabricación de pastelitos, caso práctico 4.7.2.....	339
LXXVII.	Clasificación de los tipos de envase.....	347
LXXVIII.	Pronóstico de ventas de la empresa “FAJA T” para el caso práctico 4.9.3.....	356

LXXIX.	Pronósticos y días producidos para la fabricación de fajas para vehículos, caso práctico 4.9.3.....	357
LXXX.	Planificación para la producción mensual y trimestral para el Caso Práctico 4.9.3.....	360
LXXXI.	Cantidad de defectos encontrados en una muestra de vidrios analizados, caso práctico 5.1.8.....	375
LXXXII.	Proporción de defectos y frecuencia acumulada de los vidrios inspeccionados, caso práctico 5.1.8.....	376
LXXXIII.	Clasificación del tipo de proceso según el índice de capacidad de producción.....	396
LXXXIV.	Diámetros internos medidos de una muestra al azar de un lote de 25 pistones, caso práctico 5.4.3.....	400
LXXXV.	Diámetros internos y rangos medidos de una muestra aleatoria de 25 pistones, caso práctico 5.4.3.....	401
LXXXVI.	Medias y desviaciones estándar muestrales de lote de 40 sacos de fertilizantes examinados, caso práctico 5.4.5.....	405
LXXXVII.	Cantidad de no conformidades encontradas en 10 lotes de 200 motores inspeccionados, caso práctico 5.4.4.....	413
LXXXVIII.	Unidades no conformes encontradas en una inspección realizada a piezas de titanio para la fabricación de turbo cargadores, caso práctico 5.4.6.....	417
LXXXIX.	Cantidad de no conformidades encontradas en 8 motocicletas inspeccionadas, caso práctico 5.4.8.....	421
XC.	Conteo de no conformidades y justificaciones halladas en 8 motocicletas inspeccionadas, caso práctico 5.4.8.....	421
XCI.	Número de no conformidades/unidad encontradas en 25 lotes inspeccionados, caso práctico 5.4.10.....	425
XCII.	Unidades vendidas en los últimos doce meses para la empresa “FRANKISS”, caso práctico 6.1.6.....	439

XCIII.	Pronóstico de ventas empleando el método del último período, caso práctico 6.1.6.....	440
XCIV.	Pronóstico de ventas empleando el método del promedio aritmético, caso práctico 6.1.6.....	441
XCV.	Pronóstico de ventas empleando el método del promedio móvil, caso práctico 6.1.6.....	442
XCVI.	Unidades vendidas en los últimos doce períodos de la empresa “FRANKISS” tomados del caso práctico 6.1.6.....	445
XCVII.	Ponderación asignada a los períodos a utilizar para calcular el pronóstico de ventas mediante el método del promedio móvil ponderado, caso práctico 6.2.3.....	446
XCVIII.	Pronóstico de ventas empleando el método del promedio móvil ponderado, caso práctico 6.2.3.....	447
XCIX.	Pronóstico de ventas empleando el método del promedio ponderado exponencial empleando un alfa de 0.01, caso práctico 6.2.3.....	449
C.	Pronóstico de ventas empleando el método del promedio ponderado exponencial con un alfa de 0.5, caso práctico 6.2.3.....	450
CI.	Pronóstico de ventas empleando el método del promedio ponderado exponencial con un alfa de 0.99, caso práctico 6.2.3.....	451
CII.	Ventas realizadas en los últimos treinta meses por la empresa panificadora “Valkiria, S.A.”, caso práctico 6.3.7.....	457
CIII.	Ventas realizadas por la empresa panificadora “Valkiria S.A.” tabuladas en bimestres, caso práctico 6.3.7.....	459
CIV.	Sumatorias de las catorce columnas empleando las fórmulas para el cálculo de pronósticos para familias de demanda ascendente-descendente, caso práctico 6.3.7.....	460

CV.	Error encontrado en el pronóstico de ventas para el período número 16 al aplicar el método de la línea recta, caso práctico 6.3.7.....	461
CVI.	Error encontrado en el pronóstico de ventas número 16 al aplicar el método geométrico, caso práctico 6.3.7.....	462
CVII.	Error encontrado en el pronóstico de ventas número 16 el aplicar el método semilogarítmico exponencial, caso práctico 6.3.7.....	463
CVIII.	Error encontrado en pronóstico de ventas número 16 al aplicar el método del logaritmo inverso, caso práctico 6.3.7.....	465
CIX.	Error encontrado en el pronóstico de ventas número 16 al aplicar el método hiperbólico, caso práctico 6.3.7.....	466
CX.	Ventas realizadas por la empresa “Central de empaques S.A.” en los años 2005, 2006 y 2007, caso práctico 6.4.2.....	468
CXI.	Índices y pronósticos de ventas para los períodos del 1 al 12 del año 2008 para la empresa “Central de Empaques S.A.”, caso práctico 6.4.2.....	470
CXII.	Ventas realizadas por la empresa “H&K, S.A.” en los años 2006, 2007 y 2008, caso práctico 6.5.2.....	472
CXIII.	Linealización de las ventas realizadas por la empresa “H&K, S.A., aplicando correlación, caso práctico 6.5.2.....	474
CXIV.	Índices y pronósticos de ventas para el año 2009 de la empresa “H&K, S.A.”, caso práctico 6.5.2.....	475
CXV.	Pronóstico de ventas de la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3.....	478
CXVI.	Disponibilidad de días para la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3.....	479

CXVII.	Requerimiento de la mano de obra para la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3.....	479
CXVIII.	Resumen de costos de almacenaje y mano de obra de la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3.....	480
CXIX.	Resumen de las horas disponibles en jornada diurna especial y jornada nocturna para la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3.....	484
CXX.	Disponibilidad y requerimiento según las jornadas diurna especial y nocturna para la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3.....	484
CXXI.	Jornadas de trabajo a emplear para la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3.....	485
CXXII.	Demandas y disponibilidad para la fabricación de los productos X, Y & Z para los meses de enero a junio de la empresa “Umbrella, S.A.”, caso práctico 6.6.4.....	486
CXXIII.	Requerimiento de la mano de obra y salarios para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4.....	487
CXXIV.	Porcentaje y precio de los distintos ingredientes que se requieren para la elaboración de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4.....	487
CXXV.	Requerimiento en horas según disponibilidad en los meses de enero a junio para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4.....	490
CXXVI.	Cantidad de horas disponibles en el mes de enero para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4.....	491
CXXVII.	Cantidad de horas disponibles en el mes de febrero para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4.....	491

CXXVIII.	Cantidad de horas disponibles en el mes de marzo para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4.....	492
CXXIX.	Cantidad de horas disponibles en el mes de abril para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4.....	492
CXXX.	Cantidad de horas disponibles en el mes de mayo para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4.....	493
CXXXI.	Cantidad de horas disponibles en el mes de junio para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4.....	493
CXXXII.	Plan de trabajo utilizando la disponibilidad de la jornada diurna y la jornada mixta, caso práctico 6.6.4.....	492
CXXXIII.	Plan de trabajo utilizando la disponibilidad de la jornada diurna, mixta y nocturna, caso práctico 6.6.4.....	495
CXXXIV.	Plan de trabajo utilizando la disponibilidad de la jornada diurna en doble turno, caso práctico 6.6.4.....	496
CXXXV.	Costos totales en tiempo normal y tiempo extra para la fabricación de los productos X, Y & Z según los distintos planes de trabajo, caso práctico 6.6.4.....	501
CXXXVI.	Planificación para la elaboración del producto X, según el plan de trabajo no. 2, caso práctico 6.6.4.....	502
CXXXVII.	Planificación para la elaboración del producto Y, según el plan de trabajo no. 2, caso práctico 6.6.4.....	503
CXXXVIII.	Planificación para la elaboración del producto Z, según el plan de trabajo no. 2, caso práctico 6.6.4.....	504
CXXXIX.	Planificación para la elaboración del producto X, según el plan de trabajo no. 3, caso práctico 6.6.4.....	505

CXL.	Planificación para la elaboración del producto Y, según el plan de trabajo no. 3, caso práctico 6.6.4.....	506
CXLI.	Planificación para la elaboración del producto Z, según el plan de trabajo no. 3, caso práctico 6.6.4.....	507
CXLII.	Planificación para la elaboración del producto X, según el plan de trabajo no. 4, caso práctico 6.6.4.....	508
CXLIII.	Planificación para la elaboración del producto Y, según el plan de trabajo no. 4, caso práctico 6.6.4.....	509
CXLIV.	Planificación para la elaboración del producto Z, según el plan de trabajo no. 4, caso práctico 6.6.4.....	510
CXLV.	Costo total en el cual se incurre al aplicar los distintos planes de producción, caso práctico 6.6.4.....	511
CXLVI.	Características del la orden recibida para la fabricación de los productos P, Q, R y S; caso práctico 6.7.3.....	514
CXLVII.	Requerimientos para la elaboración de los productos P, Q, R y S, caso práctico 6.7.3.....	515
CXLVIII.	Plan de trabajo para la elaboración del producto Q, caso práctico 6.7.3.....	517
CXLIX.	Horas requeridas en cada operación para la elaboración del producto Q, caso práctico 6.7.3.....	518
CL.	Horas requeridas en cada operación para la elaboración de los productos Q, R y S, caso práctico 6.7.3.....	518
CLI.	Requerimientos de los materiales que se necesitan para la elaboración de un Batch del producto “X”, caso práctico 6.8.2.....	531
CLII.	Cantidad de unidades a producir del producto “X” según la disponibilidad de horas para los meses de enero a junio, caso práctico 6.8.2.....	532

CLIII.	Tiempo promedio de entrega de materia prima por el proveedor en los últimos cuatro pedidos, caso práctico 6.8.2.....	532
CLIV.	Requerimientos para la elaboración del producto “X”, caso práctico 6.8.2.....	534
CLV.	Plan de pedidos y entregas para la materia prima del producto “X” según el análisis de inventarios realizado, caso práctico 6.8.2.....	537
CLVI.	Eficiencias para fabricar los productos A, B y C, caso práctico 6.9.3.....	539
CLVII.	Programación de las órdenes de trabajo utilizando el método de índices, caso práctico 6.9.3.....	541
CLVIII.	Tiempos de fabricación (en horas) para el taller “El esfuerzo”, caso práctico 6.9.5.....	543
CLIX.	Tiempos de fabricación según el método de Johnson, caso práctico 6.9.4.....	544
CLX.	Líneas y procesos que componen la planta de fundición y su capacidad, caso práctico 6.10.5.....	557
CLXI.	Inventario en proceso antes de empaque, caso práctico 6.10.5.....	560
CLXII.	Algunos tiempos de proceso antes de la restricción y después de la restricción, en minutos, caso práctico 6.10.5.....	562
CLXIII.	Programación maestra en la restricción para una semana, tipo de fundición EXCÉLSIOR, S.A., caso práctico 6.10.5.....	564
CLXIV.	Comparativo productos en proceso antes y después de aplicar TOC y programación DBR, caso práctico 6.10.5.....	567
CLXV.	Capacidad utilizada de los procesos después de los cambios, caso práctico 6.10.5.....	569

RESUMEN

El área de Producción de la carrera de Ingeniería Industrial es uno de los tres pilares que conforman la misma (Producción, Métodos Cuantitativos y Administración), ya que ésta proporciona los conocimientos específicos que el profesional requiere para crear y gestionar sistemas de producción capaces de transformar recursos y materia prima en productos finales que sean óptimos en calidad y funcionabilidad, empleando el menor tiempo posible y generando menos desperdicios.

En específico, esta área de la carrera de Ingeniería Industrial tiene como propósito desarrollar en el estudiante su capacidad de diseño, mejoramiento e instalación de sistemas, compenetrando y armonizando tanto recursos materiales como humanos con la utilización de conocimientos especializados, con esto se logra que los futuros ingenieros sean capaces de organizar, administrar y supervisar plantas industriales; planificar y controlar la producción de manera eficiente y lograr así, mejorar el desempeño de una empresa o industria.

Con lo mencionado anteriormente, es necesario proporcionar a los catedráticos y estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial una guía teórico-práctica que complemente la enseñanza de los cursos profesionales del Área de Producción como lo son: Ingeniería de Plantas, Ingeniería de Métodos, Diseño de la Producción, Controles Industriales y Control de la Producción; para así obtener una mejor formación de los futuros ingenieros, preparándolos para ser más competitivos en este entorno tan cambiante y desafiante.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un manual teórico-práctico que sirva como complemento a la formación de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial en el Área de Producción.

Específicos

1. Dotar al estudiante de los conocimientos necesarios en la Ingeniería de Plantas para gestionar recursos con la finalidad de establecer la localización y diseño de una planta industrial.
2. Desarrollar habilidades y conocimientos fundamentados en la Ingeniería de Métodos para ser incorporados en la medición y análisis del trabajo.
3. Establecer los fundamentos y técnicas necesarias para el diseño de productos y/o servicios, así como también, el diseño de la producción de los mismos.
4. Dotar al estudiante de conceptos y herramientas que le permitan implementar sistemas de Gestión de Calidad en cualquier organización o empresa.

5. Presentar al estudiante los conocimientos fundamentales que le permitan implementar sistemas para la planificación y control de la producción.

INTRODUCCIÓN

La Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial -EMI-, se encuentra actualmente en proceso de acreditación por medio de la Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería - ACAAI-, lo que permitirá que el título de Ingeniero Industrial sea válido fuera de Guatemala, además de otros beneficios que se obtendrán por medio de la misma, como una mejor oportunidad de acceso laboral, ya que el sector empresarial muestra preferencia en las carreras acreditadas. Se tendrán mayores posibilidades de optar a becas internacionales y sobre todo la posibilidad de ejercer la profesión en la Región.

Debido a ello, se han implementado mejoras, tanto en la EMI, como en los cursos profesionales que se imparten, para lograr conformidad con la Agencia ACAAI. Como parte de este proceso, se identificó la necesidad de unificar y estandarizar las prácticas de los cursos profesionales del Área de Producción.

Se evidenció que en las prácticas de los cursos del área de producción, no se encuentran definidas directrices que permitan estandarizar las mismas, debido a que existen discrepancias en algunos temas por el uso de fórmulas o conceptos que no se encuentran actualizados ni estandarizados. De lo anterior, surge la necesidad de crear guías teórico-prácticas para estos cursos, las cuales servirán como complemento a las clases magistrales.

Estos manuales tienen como objetivo estandarizar las prácticas de los cursos de Ingeniería de Plantas, Ingeniería de Métodos, Diseño de la

Producción, Controles Industriales y Control de la Producción; brindando un complemento, tanto teórico, como práctico a los estudiantes para contribuir de una mejor manera a su formación como futuros profesionales.

1. PRECEDENTES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

1.1 Antecedentes de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la unidad ejecutora de la carrera

La Universidad de San Carlos de Guatemala fue fundada en 1676, graduando en sus inicios a teólogos, abogados y más tarde médicos. En 1769 se crearon los cursos de Física y Geometría, lo que marcó el inicio de la enseñanza de las ciencias exactas en Guatemala.

En 1834, durante el gobierno del Dr. Mariano Gálvez, se creó la Academia de Ciencias, antecesora de la Universidad de San Carlos, implantándose la enseñanza del Álgebra, Geometría y Física. La Academia de Ciencias, funcionó hasta 1840 año en que volvió a transformarse en la Universidad y fueron publicados los estatutos de su creación.

La revolución de 1871 marcó cambios en el rumbo de la enseñanza técnica superior y no fue sino hasta 1879, fecha en que se estableció formalmente la Escuela de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala y por decreto gubernativo en 1882, se elevó a categoría de Facultad dentro del contexto universitario, reduciendo dos años más tarde el programa de estudios inicial de ocho a seis años.

En el período comprendido entre los años 1894 y 1919, por diversas razones, principalmente económicas y políticas, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos atravesó una crisis y funcionamiento ficticio. En los

años de 1920 a 1930, se reinician labores en el edificio ubicado frente al Parque Morazán, con la carrera de Ingeniero Topógrafo, etapa valiosa, ya que con esa experiencia fue creada la escuela de ingeniería Civil y se incorporaron 18 profesionales de otras especialidades.

A partir de los años de 1930 en adelante, la carrera de Ingeniería Civil, que coincide con una época moderna en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, debido a que se impulsaron reformas para elevar el nivel académico en el año de 1935, introduciendo cursos para preparar al Ingeniero para el impulso de la construcción y la naciente industria que empezaba a florecer en nuestro país.

En los años de 1947 a 1959, la Facultad de Ingeniería funcionó en la 8va. Avenida y 11 calle de la zona 1, finalmente fue trasladada a las instalaciones definitivas en la Ciudad Universitaria de la zona 12.

1.2 Reseña histórica de la carrera de ingeniería industrial

Los primeros intentos para la creación de la carrera se remontan al año de 1956, con la celebración de la Tercera Reunión del Comité de Cooperación Económica del Istmo Centroamericano, llevada a cabo en Managua. De 1958 a 1960, en reuniones llevadas a cabo a nivel centroamericano, se propuso la necesidad de crear la Escuela Superior de Ingeniería y Administración Industrial.

En el año de 1962, el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA) llevó a cabo un convenio con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey para prestar asesoría a las universidades

centroamericanas y preparar profesionales en los campos de Ingeniería Industrial.

En sesión de Junta Directa del 14 de diciembre de 1965, fue aprobado el plan de estudios de la carrera de Ingeniero Mecánico Industrial. Con el apoyo de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), del Centro de Productividad Industrial, hoy en día INTECAP, del Consejo Nacional de Planificación Económica del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) y de la Cámara de la Industria; dichas instancias hicieron posible que el Consejo Superior Universitario creara en 1966, la carrera de Ingeniero Mecánico Industrial, que a su vez, en octubre del mismo año, aprobó el plan de estudios correspondiente.

Finalmente, el 11 de noviembre de 1967, el Consejo Superior Universitario acordó aprobar la nueva distribución de las carreras de Ingeniería, aprobando el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial. Los estudios de Ingeniería Industrial se inician formalmente en el año de 1968. En 1971, mediante la ejecución del Plan de Reestructuración de la Facultad de Ingeniería, PLANDEREST, el actual pensum se convierte en flexible y operacional en todas las escuelas que integran dicha Facultad. En 1968, la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial se separa de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

1.3 Descripción de la carrera de ingeniería industrial

La carrera de Ingeniería Industrial desarrolla su actividad en las áreas de diseño, mejoramiento e instalación de sistemas, integrando y armonizando recursos humanos, materiales, equipos y capital mediante la utilización de conocimientos especializados de las ciencias. Prepara ingenieros cuya función

principal es organizar, administrar y supervisar plantas industriales; planificar y controlar la producción, investigar y desarrollar productos, controlar la calidad, analizar métodos de trabajo, entre otros.

El Ingeniero Industrial es capaz de generar proyectos y procesos para el desarrollo de la industria, así como la operación de sus instalaciones y equipo, su mantenimiento y administración.

1.4 Misión, visión y objetivos de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

La Ingeniería Industrial en nuestro país se ve sujeta a los cambios tecnológicos constantes que exige el medio laboral; el área profesional de la Ingeniería se encarga de organizar, planificar, dirigir, diseñar, ejecutar y controlar los sistemas productivos integrados por el recurso humano, materiales y equipos, utilizando para ello los conocimientos especializados de las ciencias matemáticas, físicas y administrativas, empleando principios, diseño y métodos de ingeniería.

Misión EMI

Preparar y formar profesionales de la Ingeniería Industrial, Mecánica Industrial y disciplinas afines, capaces de generar e innovar sistemas y adaptarse a los desafíos del contexto global.

Visión EMI

En el año 2022 la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial acreditada a nivel regional y con excelencia académica, es líder en la formación de

profesionales íntegros de la Ingeniería Industrial, Mecánica Industrial y disciplinas afines, que contribuyen al desarrollo sostenible del entorno.

Objetivos de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

- a) Formar adecuadamente el Recurso Humano dentro del campo científico y tecnológico de la Ingeniería Mecánica Industrial e Ingeniería Industrial, para contribuir al fortalecimiento y desarrollo de Guatemala.
- b) Que el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial e Ingeniería Industrial adquiera una mentalidad abierta a cualquier cambio y adaptación futura, para que como profesionales posea la capacidad de auto educarse.
- c) Evaluar los planes y programas de estudio a efecto de introducirle las mejoras pertinentes, acordes a los avances de la ciencia, la tecnología para satisfacer las necesidades del país.

1.5 Valores y política de calidad de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Integridad

Asumimos una firme adhesión a un código de valores morales y éticos en todas nuestras actuaciones.

Excelencia

Aspiramos al más alto nivel académico, en la preparación y formación de nuestros egresados, que constituye el fundamento de su competencia profesional.

Compromiso

Cumplimos con los requerimientos y expectativas de la sociedad en la formación de nuestros profesionales.

Código de Valores

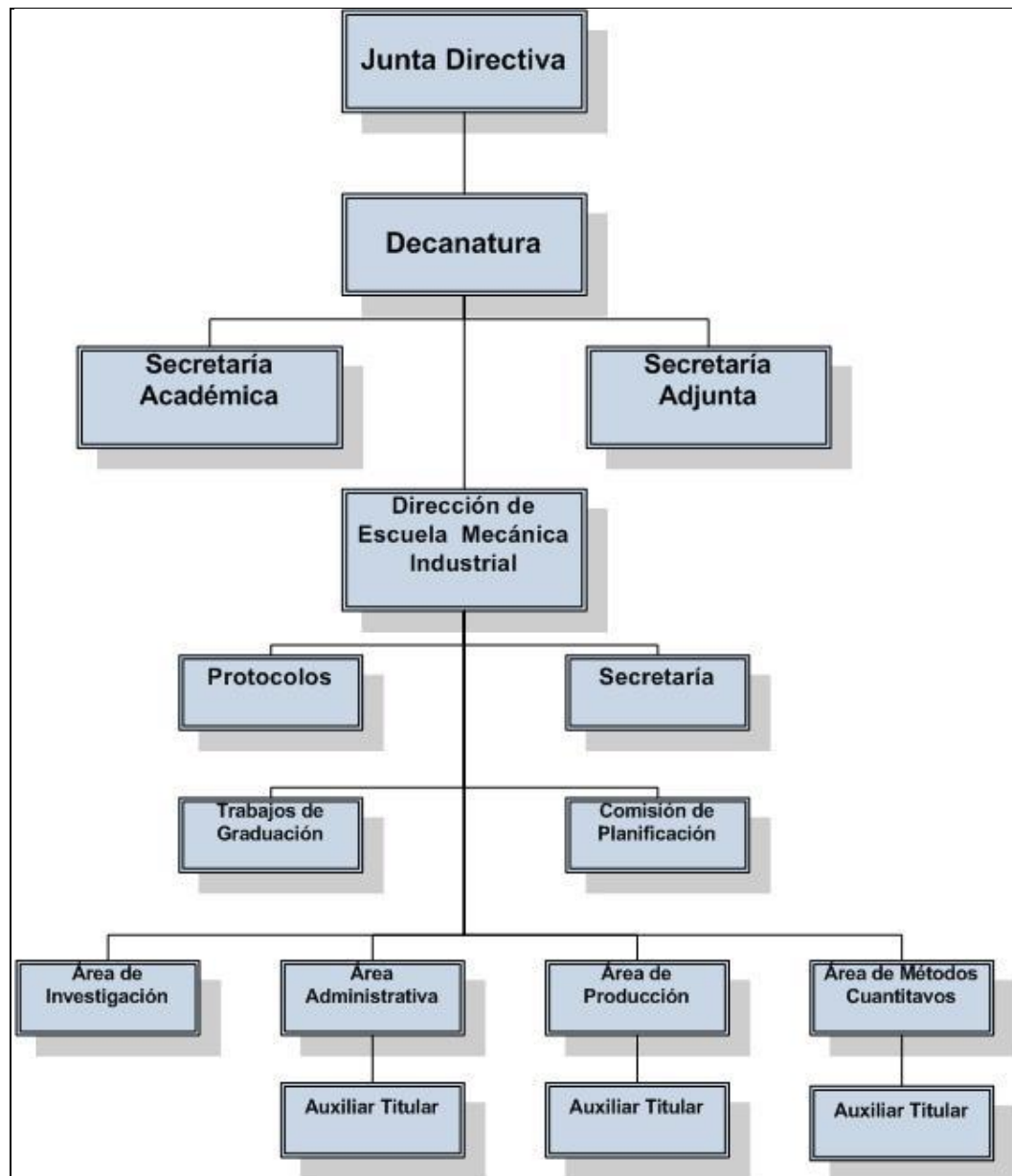
La Escuela cuenta con un Código de Valores que todos los miembros de ella deben practicarlos a lo largo de su vida, éstos son: Espíritu de Servicio, Trabajo en Equipo, Confianza, Innovación, Honradez, Calidad, Ética, Dignidad, Justicia, Honestidad, Responsabilidad, Disciplina, Proyección Social, Liderazgo, Lealtad, Competencia, Respeto, Equidad y la Igualdad.

Política de Calidad

Tomamos decisiones día tras día, aplicando nuestro código de valores morales y éticos, para alcanzar la excelencia en la formación académica de nuestros profesionales, en cumplimiento de los requerimientos y expectativas de la sociedad.

1.6 Estructura administrativa de la unidad ejecutora de la carrera

Figura 1. Estructura administrativa de la Facultad de Ingeniería



Fuente: elaboración propia

1.7 Análisis FODA de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

- **Fortalezas**

Entre las principales fortalezas que tiene la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial tenemos el proceso de Acreditación por parte de la agencia – ACAAI-, la distribución de sus cursos en tres pilares primordiales, Administración, Métodos Cuantitativos y Producción, el programa para becas con que cuenta la Administración de la Facultad de Ingeniería con la sección dedicada a los docentes de la escuela.

- **Oportunidades**

La expansión de la red curricular en base a procesos investigativos generados desde la misma Escuela, en base al profesor investigador y a procesos selectivos con los que se puedan mejorar los campos en que el ingeniero industrial se desenvuelve en su actividad profesional, la creación de relaciones mutuamente beneficiosas con empresas del ramo industrial desde el punto de vista de las prácticas profesionales y el EPS (Ejercicio Profesional Supervisado).

- **Debilidades**

No se cuenta con un sistema estandarizado de guías de prácticas de los cursos profesionales, no se cuenta con un sistema para el control de la metodología con que se imparten los cursos y las practicas, no se cuenta con un sistema donde se puedan adecuar horarios de cursos profesionales en la totalidad de horarios disponibles.

- **Amenazas**

Universidades que prestan las mismas carreras a nivel de licenciatura con sistemas más amigables para el estudiante, alta competitividad de los profesionales extranjeros que invaden el mercado nacional al cual presta el servicio la Escuela, alto grado de egresados de universidades privadas, red de estudios poco actualizada, poco uso de tecnología de punta para la adecuación de los sistemas de producción.

Estrategias a implementar

- a) Creación de un ente regulador de los procedimientos metodológicos para impartir los cursos profesionales;
- b) Implementación de guías estandarizadas para impartir las prácticas respectivas a los cursos profesionales;
- c) Implementar un sistema de evaluación enfocado a las capacidades y conocimientos obtenidos por el estudiante a lo largo de su ciclo de aprendizaje;
- d) Establecimiento de evaluaciones de conocimientos objetivas constructivas que otorguen al estudiante un valor agregado a sus conocimientos y aptitudes.

2. MANUAL DE PRÁCTICAS PARA INGENIERÍA DE PLANTAS

2.1 Práctica No. 1 Desarrollo de un nuevo producto y riesgos industriales

2.1.1 Vida de un producto

El ciclo de vida de un producto o servicio indica que tienen una vida finita; similar a la que poseen los seres vivos. Los productos y/o servicios tienen un ciclo que inicia con su creación o nacimiento y finaliza con el retiro del mercado o muerte.

Por lo tanto, el ciclo de vida de un producto se puede decir que es el proceso mediante el cual los productos o servicios que son lanzados al mercado atraviesan una serie de etapas que van, desde su concepción, hasta su desaparición del mercado ya sea por otros más actualizados o más adecuados al punto de vista del cliente.

Las etapas del ciclo de vida de un producto son las siguientes:

- a) Desarrollo: esta etapa se inicia cuando la empresa descubre y desarrolla una idea para un nuevo producto. Durante la etapa de desarrollo no existen las ventas y los costos que la empresa invierta se comienzan a acumular.

- b) Introducción: esta etapa representa un período en el cual las ventas van en un crecimiento lento a medida que el producto penetra el mercado. En esta etapa no existen las utilidades como consecuencia de los elevados gastos por la introducción del producto.
- c) Crecimiento: período durante el cual se registra una aceptación rápida del mercado hacia el producto dando como resultado un aumento en las utilidades.
- d) Madurez: etapa en la cual se incrementan las ventas debido a que el producto ha sido aceptado por gran parte del mercado, es decir compradores potenciales. Las utilidades se disminuyen a medida que existen erogaciones más fuertes para mercadotecnia, ésto con el objetivo de defender el producto de la competencia.
- e) Declinación: este período representa la disminución de las ventas y las utilidades.

La finalidad de una empresa u organización es generar utilidades mediante el lanzamiento de un producto o servicio, pero esto implica que necesitamos de un lugar en donde producirlo o fabricarlo, por lo tanto, debemos tomar en cuenta distintos factores que influyen en ello, tales como la mano de obra que lo fabricará, abastecimientos de materia prima, legislación del país, etc. Todo esto puede resumirse en un análisis y toma de decisiones que llevará a nuestra empresa a lograr el éxito o el fracaso, con lo cual se deberán asumir “riesgos” tanto para la empresa como para los inversionistas; es allí donde surge un término muy importante el cual se conoce como “riesgos industriales”, y por lo tanto deben tomarse muy en cuenta a la hora de iniciar labores en una planta industrial.

2.1.2 Riesgos industriales

Como ingenieros industriales debemos ser conscientes de que al diseñar una nueva planta existen ciertos aspectos o riesgos que deben ser tomados en consideración, estos pueden afectar a la empresa antes de iniciar labores, durante y después; por lo tanto, es necesario realizar un análisis exhaustivo que nos permita identificar estos riesgos de antemano para minimizar el impacto que puedan causarle a nuestra planta industrial. Los tipos de Riesgos Industriales son:

a) Riesgos antes de operar

Son todos aquellos factores que debemos tomar en cuenta cuando estamos en el proceso del diseño de una nueva planta industrial; algunos de estos factores son los siguientes:

- Selección y diseño del producto: como se menciono anteriormente, el producto que vayamos a fabricar juega un papel muy importante que definirá el éxito o fracaso de nuestra empresa, también establecerá el tipo de construcción de la nueva planta industrial en donde lo produciremos.
- Emplazamiento de la nueva planta: éste se refiere a la localización física de nuestra nueva planta, aquí debemos tomar en cuenta otros aspectos que definirán en donde la instalaremos así como también a quienes contrataremos para que la edifiquen. Se debe considerar el suministro de servicios, tales como el agua potable, la energía eléctrica, fuentes de suministros, etc. así como a la comunidad y sus alrededores, de no afectarla en ningún sentido debido a la actividad industrial que realizará nuestra planta; también se deben considerar los almacenes o centros de distribución y/o puntos de venta.

- Legislación: nos debemos regir a la legislación vigente del país.
- Mano de obra: se refiere a seleccionar la mano de obra adecuada y competente que contrataremos.
- Selección de la maquinaria: se refiere al tipo de maquinaria que utilizaremos para fabricar nuestro producto, ésta también tiene que adaptarse a las condiciones físicas y ergonómicas de nuestra mano de obra.
- Proveedores: la selección de proveedores es un aspecto muy importante, además debemos tomar muy en cuenta tres puntos importantes: la cantidad, el tiempo de entrega y la calidad.

b) Riesgos en operación

Los riesgos en operación son todos aquellos en los que incurrimos cuando ya la empresa se encuentra desarrollando la actividad industrial, algunos de ellos pueden ser:

- Accidentes laborales: para poder evitar ese tipo de riesgos es necesario que la empresa integre planes y normas de Seguridad Industrial para así minimizar los accidentes y cuidar de la integridad de los empleados.
- Planificación y administración de la producción: una buena planificación y programación de la producción conllevará a lograr las metas propuestas por la empresa y a la satisfacción de los clientes. También acá juega un papel muy importante la mano de obra, ya que debe tomarse muy en cuenta debido a que ellos serán los que realicen la actividad fabril. Una mala administración de la producción puede llevar a que los trabajadores formen sindicatos por el maltrato o injusticias hacia ellos, esto puede surgir por no pagar los sueldos ni prestaciones a tiempo, maltrato hacia el personal, etc. Es por ello que se debe motivar

e incentivar al personal para mantener un ambiente de trabajo agradable e incrementar la productividad.

- Problemas con la maquinaria: como se menciona anteriormente, la selección de la maquinaria es de vital importancia para la actividad que realizará nuestra planta, ésta debe adecuarse a la mano de obra que la operará así como también establecer programas de mantenimiento de la misma. Existen dos tipos de mantenimiento: el mantenimiento preventivo y el correctivo. El primero se refiere a que se debe actuar antes de que la maquinaria falle, mientras que para el mantenimiento correctivo, aunque se posea un buen sistema de mantenimiento preventivo, las máquinas no están exentas de fallar alguna vez, las fallas mecánicas no pueden preverse con exactitud; es por ello que un buen sistema de mantenimiento ayuda a minimizar las actividades de reparación. Tomar en cuenta que la maquinaria con el tiempo irá desgastándose y es donde se deberán tomar decisiones para el reemplazo y compra de nueva maquinaria.
- La comunidad y sus alrededores: el riesgo con la comunidad y con sus alrededores es que la actividad que nuestra planta realice vaya afectándola de manera gradual, algunos de éstos problemas pueden ser el manejo de desechos, generación de ruido y contaminación, tránsito vehicular, etc.

c) Riesgos post-operación

En términos generales, cuando se habla de riesgos post operación, serán aquellos a los cuales tendremos que enfrentarnos cuando una planta tenga que mudar sus operaciones o se dé un cierre de la misma. Se refiere al valor de salvamento que pueda obtenerse.

Entonces, como ingenieros industriales debemos tomar en cuenta todos estos riesgos cuando estemos diseñando una nueva planta, estar abiertos a nuevas opciones y cambios que puedan presentarse para así poder evitarlos y de no ser posible, implementar planes que nos permitan un adecuado manejo de los mismos y minimizar el impacto que puedan ocasionar a la actividad industrial y a nuestra planta en sí.

2.2 Práctica No. 2 Localización industrial

2.2.1 Generalidades

El proceso de ubicación del lugar adecuado para instalar una planta industrial requiere el análisis de diversos factores, y desde los puntos de vista económico, social, tecnológico y de mercado, entre otros. La localización industrial, la distribución del equipo o maquinaria, el diseño de la planta y la selección del equipo son algunos de los factores a tomar en cuenta como riesgos antes de operar, que si no se llevan a cabo de manera adecuada podrían provocar serios problemas en el futuro y por ende la pérdida de mucho dinero.

En general, las decisiones de localización podrían catalogarse de infrecuentes; de hecho, algunas empresas sólo la toman una vez en su historia. Este suele ser el caso de las empresas pequeñas de ámbito local, pequeños comercios o tiendas, bares o restaurantes, etc. Para otras, en cambio, es mucho más habitual; por ejemplo: bancos, cadenas de tiendas o restaurantes, empresas hoteleras, etc. Vemos pues, que la decisión de localización no solo afecta a empresas de nueva creación, sino también a las que ya están en funcionamiento.

La frecuencia con que se presenta este tipo de problemas depende de varios factores; entre ellos, podemos citar el tipo de instalaciones (es mucho más común la apertura de tiendas o puntos de venta que la de fábricas) o el tipo de empresa (una firma de servicios suele necesitar más instalaciones que una industria). En la actualidad, la mayor intensidad con que se vienen produciendo los cambios en el entorno económico está acrecentando la asiduidad con la que las empresas se plantean cuestiones relacionadas con la localización de sus instalaciones. Los mercados, los gustos y preferencias de los consumidores, la competencia, las tecnologías, las materias primas, etc., están en continuo cambio hoy día y las organizaciones han de adecuarse para dar la respuesta a estos cambios modificando sus operaciones.

Entre las diversas causas que originan problemas ligados a la localización podríamos citar:

- Un mercado en expansión, que requerirá añadir nueva capacidad, la cual habrá que localizar, bien ampliando las instalaciones ya existentes en un emplazamiento determinado o bien creando una nueva en algún otro sitio;
- La introducción de nuevos productos o servicios, que conlleva una problemática análoga;
- Una contracción de la demanda, que puede requerir el cierre de instalaciones y/o la reubicación de las operaciones. Otro tanto sucede cuando se producen cambios en la localización de la demanda;
- El agotamiento de las fuentes de abastecimiento de materias primas también puede ser causa de la reubicación de las operaciones. Este es el caso que se produce en empresas de extracción cuando, al cabo de los años, se agotan los yacimientos que se venían explotando;

- La obsolescencia de una planta de fabricación por el transcurso del tiempo o por la aparición de nuevas tecnologías, que se traduce a menudo en la creación de una nueva planta más moderna en algún otro lugar;
- La presión de la competencia, que, para aumentar el nivel de servicio ofrecido, puede llevar a la creación de más instalaciones o a la reubicación de algunas existentes;
- Cambios en otros recursos, como la mano de obra o los componentes subcontratados, o en las condiciones políticas o económicas de una región son otras posibles causas de reubicación.

2.2.2 Tipos de alternativas para realizar una localización industrial

Las alternativas de localización pueden ser de tres tipos, las cuales deberán ser evaluadas por la empresa antes de tomar una decisión definitiva:

- a) Expandir una instalación existente: esta opción sólo será posible si existe suficiente espacio para ello. Puede ser una alternativa atractiva cuando la localización en la que se encuentra tiene características muy adecuadas o deseables para la empresa. Generalmente origina menores costos que otras opciones, especialmente si la expansión fue prevista cuando se estableció inicialmente la instalación.
- b) Añadir nuevas instalaciones en nuevos lugares: a veces ésta puede resultar una opción más ventajosa que la anterior (por ejemplo si la expansión provoca problemas de sobre dimensionamiento o de pérdida de enfoque sobre los objetivos de las operaciones). Otras veces es simplemente la única opción posible. En todo caso, será necesario considerar el impacto que tendrá sobre el sistema total de instalaciones de la empresa.

c) Cerrar instalaciones en algún lugar y abrir otra(s) en otro(s) sitio(s): esta opción puede generar grandes costos, por lo que la empresa deberá comparar los beneficios de la reubicación con los que se derivarían del hecho de permanecer en el lugar actualmente ocupado.

2.2.3 Factores que inciden en la localización industrial

Entre los factores más importantes tenemos:

- Las fuentes de abastecimiento
- Los mercados, la localización de los clientes o usuarios
- La localización de la competencia
- La calidad de vida
- La mano de obra
- Los suministros básicos
- Los medios de transporte
- Las condiciones climatológicas de la zona
- El marco jurídico
- Los impuestos y los servicios públicos
- Los terrenos y la construcción

2.2.4 Procedimiento general para la toma de decisión de localización

Generalmente, para tomar una decisión en cuanto a la localización de una nueva empresa o industria se toman en cuenta los siguientes pasos:

- a) Búsqueda de las alternativas de localización: se establecerá un conjunto de localizaciones candidatas para un análisis más profundo, rechazándose aquéllas que claramente no satisfagan los factores dominantes de la empresa (por ejemplo; existencia de recursos, disponibilidad de mano de obra adecuada, mercado potencial, clima político estable, etc.).
- b) Evaluación de alternativas: en esta fase se recoge toda la información acerca de cada localización para medirla en función de cada uno de los factores considerados. Esta evaluación puede consistir en medida cuantitativa, si estamos ante un factor tangible (por ejemplo el costo del transporte) o en la emisión de un juicio si el factor es cualitativo (por ejemplo el clima político).
- c) Selección de la localización: a través de análisis cuantitativos y/o cualitativos se compararán entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas, dado que, en general, no habrá una alternativa que sea mejor que todas las demás en todos los aspectos, el objetivo del estudio no debe ser buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables. En última instancia, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar determinarán la localización definitiva.

2.2.5 Método del centro de gravedad

Es una técnica de localización de instalaciones individuales en la que se consideran las instalaciones existentes, las distancias que las separan y los volúmenes de artículos que se han de despachar.

Empieza colocando ubicaciones existentes en un sistema de cuadrícula con coordenadas. El objetivo es establecer las distancias relativas entre las ubicaciones. El centro de gravedad se encuentra calculando las coordenadas X y las coordenadas Y que dan por resultado el costo mínimo de transporte.

Las fórmulas que se utilizan son las siguientes:

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} * V_i}{\sum V_i} \qquad C_y = \frac{\sum d_{iy} * V_i}{\sum V_i}$$

Donde:

C_x = Coordenada X del centro de gravedad

C_y = Coordenada Y del centro de gravedad

d_{ix} = Coordenada X de la i-ésima ubicación

d_{iy} = Coordenada Y de la i-ésima ubicación

V_i = Volumen de artículos movilizadas hasta la i-ésima ubicación o desde ella

2.2.6 Caso práctico

Los dueños de una planta procesadora de alimentos desean incrementar su producción, para lo cual planean abrir una nueva planta. Se le ha contratado para que lleve a cabo el análisis para la localización de la nueva planta, para lo cual se le pide que realice un estudio por medio del método del centro de gravedad. Los datos que se proporcionan para realizar dicha localización se presentan en la Tabla I.

Tabla I. **Coordenadas y ponderación de factores para localización de una planta procesadora de alimentos para el caso práctico 2.2.6**

Lugar	Materia Prima	Mano de Obra	Transporte	Agua	Coordenada X	Coordenada Y
A	9	10	4	4	45	60
B	8	9	8	6	80	15
C	7	6	5	7	60	30
D	6	5	9	9	15	10

Fuente: elaboración propia

Solución

Primero vamos a sacar un factor promedio así:

$$F_{MP} = \frac{9 + 8 + 7 + 6}{4} = 7.5$$

$$F_{MO} = \frac{10 + 9 + 6 + 5}{4} = 7.5$$

$$F_{Transp} = \frac{4 + 8 + 5 + 9}{4} = 6.5$$

$$F_{Agua} = \frac{4 + 6 + 7 + 9}{4} = 6.5$$

Ahora vamos a calcular la coordenada en X y en Y para cada factor por aparte de la siguiente manera:

En X

$$F_{MP} = \frac{9 * 45 + 8 * 80 + 7 * 60 + 6 * 15}{9 + 8 + 7 + 6} = 51.83$$

$$F_{MO} = \frac{10 * 45 + 9 * 80 + 6 * 60 + 5 * 15}{10 + 9 + 6 + 5} = 53.5$$

$$F_{Transp} = \frac{4 * 45 + 8 * 80 + 5 * 60 + 9 * 15}{4 + 8 + 5 + 9} = 48.27$$

$$F_{Agua} = \frac{4 * 45 + 6 * 80 + 7 * 60 + 9 * 15}{4 + 6 + 7 + 9} = 46.73$$

En Y

$$F_{MP} = \frac{9 * 60 + 8 * 15 + 7 * 30 + 6 * 10}{9 + 8 + 7 + 6} = 31$$

$$F_{MO} = \frac{10 * 60 + 9 * 15 + 6 * 30 + 5 * 10}{10 + 9 + 6 + 5} = 32.17$$

$$F_{Transp} = \frac{4 * 60 + 8 * 15 + 5 * 30 + 9 * 10}{4 + 8 + 5 + 9} = 23.08$$

$$F_{Agua} = \frac{4 * 60 + 6 * 15 + 7 * 30 + 9 * 10}{4 + 6 + 7 + 9} = 24.23$$

Localización Final en X:

$$F_x = \frac{51.83 * 7.5 + 53.5 * 7.5 + 48.27 * 6.5 + 46.73 * 6.5}{7.5 + 7.5 + 6.5 + 6.5} = 50.27$$

Localización Final en Y:

$$F_y = \frac{31 * 7.5 + 32.17 * 7.5 + 23.08 * 6.5 + 24.23 * 6.5}{7.5 + 7.5 + 6.5 + 6.5} = 27.90$$

Entonces, el centro de gravedad para la localización de la nueva planta se encuentra en las coordenadas (50.27, 27.90).

2.2.7 Método de los factores ponderados

El método de los factores ponderados se basa en la aplicación de un punteo asignado por el analista a cada uno de los factores a considerar para la localización de la nueva planta; esto consiste en asignar un valor numérico a cada factor ya sea de entre 1 y 10 ó de 1 y 100 puntos respectivamente. Esta ponderación tiene por finalidad analizar los distintos factores de mayor importancia que determinan la localización. Para emplear este método es necesario aplicar los siguientes pasos:

- a) Determinar una relación de los factores relevantes;
- b) Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa;
- c) Fijar una escala a cada factor. Ejemplo: 1-10 ó 1-100 puntos;
- d) Hacer que los directivos evalúen cada localización para cada factor;
- e) Multiplicar la puntuación por los pesos para cada factor y obtener el total para cada localización;
- f) Hacer una recomendación basada en la localización que haya obtenido la mayor puntuación, sin dejar de tener en cuenta los resultados obtenidos a través de métodos cuantitativos.

2.2.8 Caso práctico

Los responsables de la empresa “El Colibrí” lo han contratado para que lleve a cabo el análisis correspondiente para obtener la mejor localización de su nueva planta de producción, para lo cual se le ha indicado que dicha planta puede estar ubicada en el Sector A, Sector B o Sector C.

Para dicho análisis se espera que se tome en cuenta la disponibilidad de la mano de obra, el acceso a agua potable, acceso a la materia prima, distancia de los centros de distribución, condiciones climáticas, reglamentos ambientales, costos de emplazamiento, posibilidad de expansión, transporte y políticas fiscales actuales. Los responsables han calificado a cada uno de estos factores en una escala de 1 a 100 respectivamente de la siguiente manera: 20, 5, 10, 15, 9, 10, 13, 2, 12, 4 respectivamente. La ponderación de los factores para cada sector se muestra en la Tabla II.

Tabla II. Ponderación de factores para la localización de una planta productiva para el caso práctico 2.2.8

FACTOR	Sector A	Sector B	Sector C
Mano de Obra	70	60	75
Agua potable	90	80	60
Materia prima	80	85	65
Centro de Distribución	60	70	70
Condiciones climáticas	65	75	85
Reglamentos ambientales	80	92	78
Costos de emplazamiento	76	82	74
Posibilidad de expansión	55	70	60
Transporte	60	57	46
Políticas Fiscales	70	80	75

Fuente: elaboración propia

Solución

Vamos entonces a calcular la puntuación para cada uno de los sectores multiplicando su ponderación por el punteo asignado para cada factor, quedando de la siguiente manera:

Sector A

Mano de Obra:	$70 \times 20 = 1400$
Agua	$90 \times 5 = 450$
Materia Prima	$80 \times 10 = 800$
Centro de Dist.	$60 \times 15 = 900$
Cond. Clima	$65 \times 9 = 585$
Reglamentos	$80 \times 10 = 800$
Costos Emplz.	$76 \times 13 = 988$
Expansión	$55 \times 2 = 110$
Transporte	$60 \times 12 = 720$
Pol. Fiscales	$70 \times 4 = 280$
Sector A =	7,033

Sector B

Mano de Obra:	$60 \times 20 = 1200$
Agua	$80 \times 5 = 400$
Materia Prima	$85 \times 10 = 850$
Centro de Dist.	$70 \times 15 = 1050$
Cond. Clima	$75 \times 9 = 675$
Reglamentos	$92 \times 10 = 920$
Costos Emplz.	$82 \times 13 = 1066$
Expansión	$70 \times 2 = 140$
Transporte	$57 \times 12 = 684$
Pol. Fiscales	$80 \times 4 = 320$
Sector B =	7,305

Sector C

Mano de Obra:	$75 \times 20 = 1500$
Agua	$60 \times 5 = 300$

Materia Prima	$65 \times 10 = 650$
Centro de Dist.	$70 \times 15 = 1050$
Cond. Clima	$85 \times 9 = 765$
Reglamentos	$78 \times 10 = 780$
Costos Emplz.	$74 \times 13 = 962$
Expansión	$60 \times 2 = 120$
Transporte	$46 \times 12 = 552$
Pol. Fiscales	$75 \times 4 = 300$
Sector C	$= 6,979$

De acuerdo al análisis realizado por el método de los factores ponderados, podemos concluir que el mejor lugar para colocar la nueva planta es en el Sector B, ya que este obtuvo un mayor puntaje que los otros dos, se recomienda además realizar estudios aplicando otros métodos para concluir definitivamente que éste es el mejor lugar para realizar la ubicación de la nueva planta.

2.2.9 Método del valor presente

Para aplicar este método hay que fijar la producción esperada de la planta en cada sitio posible para la instalación y los costos de instalación y operación en cada sitio. Estos datos se obtendrán de un estudio de mercado y de una planeación técnico-económica de la empresa.

Algunos de los costos más importantes a evaluar para esta sección se detallan a continuación:

Estudios previos

- Investigaciones
- Reportes
- Topografía
- Diseños
- Estimaciones
- Distribución de planta
- Inspección
- Registros de títulos
- Compras
- Derechos de vías
- Arrendamientos
- Privilegios
- Permisos
- Edificios
- Materiales de construcción
- Maquinaria y equipo, etc.

Costos de operación

- Materia prima y material de empaque
- Productos para transformación
- Costo de mano de obra
- Almacenaje
- Energía, combustibles y agregados
- Consumo de agua
- Reparaciones
- Conservación
- Supervisión

- Gastos de oficina
- Recuperación de inversión
- Impuestos
- Seguros
- Reposición de capital, etc.

Estos son solo algunos ejemplos de los costos reales que se tienen que evaluar, además se deben afinar con el departamento contable de la empresa para hacer verdaderamente el análisis de costos.

2.2.10 Caso práctico

Se consideran 3 lugares como los más factibles para la localización de una planta, los datos se presentan el siguiente cuadro; realice un análisis de costos para encontrar cuál es la mejor alternativa. Se tiene un costo de Q142.00 tonelada/año. Utilice una tasa del 5% anual para un período de 10 años. La capacidad de producción, así como los costos de cada rubro se presentan en la Tabla III.

Tabla III. Factores y costos para el emplazamiento de una planta productiva para el caso práctico 2.2.10

Rubro	A	B	C
Producción	30,000 ton/año	35,000 ton/año	32,000 ton/año
Terreno	180,000	170,000	140,000
Materia Prima	80,000 (mes)	91,000 (mes)	85,000 (mes)
Salarios	700,000	800,000	600,000
Edificio	250,000	200,000	300,000
Estudio previo	20,000	45,000	30,000
Energía eléctrica	20,000	35,000	30,000
Servicios	40,000	35,000	45,000
Maquinaria	1,300,000	1,500,000	1,400,000
Instalaciones	30,000	40,000	38,000
Mantenimiento	26,000 (año)	30,000 (año)	39,000 (año)
Amortizaciones	217,500 (año)	240,000 (año)	240,000 (año)
Impuestos	27,000 (año)	29,000 (año)	27,000 (año)
Misceláneos	4,000 (semestral)	5,000 (semestral)	4,500 (semestral)

Fuente: elaboración propia

Solución

a) Cálculo de Ventas

$$Ventas = Producción * (P. ventas)$$

$$Ventas_A = \frac{30,000}{año} * \frac{Q142.00 \text{ ton}}{año} = Q4,260,000.00 /año$$

$$Ventas_B = \frac{35,000}{año} * \frac{Q142.00 \text{ ton}}{año} = Q4,970,000.00 /año$$

$$Ventas_c = \frac{32,000}{\text{año}} * \frac{Q142.00 \text{ ton}}{\text{año}} = Q4,544,000.00 / \text{año}$$

b) Materia Prima

$$Materia Prima_A = (80,000) * 12 = 960,000 / \text{año}$$

$$Materia Prima_B = (91,000) * 12 = 1,092,000 / \text{año}$$

$$Materia Prima_C = (85,000) * 12 = 1,020,000 / \text{año}$$

c) Cálculo del Factor

$$Factor = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

$$Factor = \frac{(1 + 0.05)^{10} - 1}{0.05(1 + 0.05)^{10}} = 7.72173$$

d) Cálculo del VAN

$$VAN = Ventas * (Factor) - Costo Instalación - Costo Operación * (Factor)$$

$$CI_A = 180,000 + 250,000 + 20,000 + 1,300,000 + 30,000 = 1,780,000$$

$$CO_A = 1,998,500$$

$$VAN_A = (4,260,000)(7.72173) - (1,780,000) - (1,980,000)(7.72173)$$

$$VAN_A = 15,682,692.40$$

$$CI_B = 1,955,000$$

$$CO_B = 2,271,000$$

$$VAN_B = 18,885,949.27$$

$$CI_C = 1,908,000$$

$$CO_C = 1,993,000$$

$$VAN_C = 17,790,133.23$$

e) Conclusión

Se va a seleccionar la opción B ya que es la que presenta una mejor rentabilidad al final del periodo al aplicar el método del VAN.

2.3 Práctica No. 3 Localización Metropolitana

2.3.1 Aspectos generales

La localización industrial que se realiza dentro del perímetro urbano de la ciudad capital se rige por el REGLAMENTO DE LOCALIZACIÓN E INSTALACIÓN INDUSTRIAL, vigente en el departamento de planificación de la municipalidad de Guatemala. Este reglamento se apoya en el expediente de consulta, con el objeto de obtener autorización para desarrollar un proyecto industrial e instalaciones construidas o por construir, el interesado debe enviar a la SECCIÓN DE CONTROL INDUSTRIAL, un expediente de consulta, refrendado por un INGENIERO INDUSTRIAL, colegiado activo conteniendo la siguiente información:

a) Información general

- Nombre y razón social de la empresa;
- Nombre y apellidos del propietario o representante legal;
- Numero de cédula de vecindad;
- Dirección de la empresa y teléfono;
- Dirección para recibir notificaciones.

b) Información de factores determinantes

- Perturbación del tránsito circulante, ocasionado por la empresa, áreas de estacionamiento, de carga y descarga de productos;
- Ruido (en decibeles) tanto en el interior como en el exterior;
- Desechos líquidos, sus tratamientos y finalidad;
- Riesgo de incendio o explosión, especificando materiales a procesar o almacenar, tipo de construcción y almacenamiento de combustibles y número de extinguidores;
- Gases emitidos;
- Emisión de polvo;
- Humo (en unidades Ringelmann) de cada fuente;
- Olores y sus causas;
- Tipo de vehículos que se usan para carga y descarga de productos primarios y finales;
- Turnos por día y sus horarios;
- Integración arquitectónica.

c) Factores complementarios

- Personal por turno;
- Tránsito por hora generado por la empresa;
- Consumo mensual de agua;
- Tipo y consumo de electricidad por mes;
- Tipo y consumo de combustibles por mes.

2.3.2 Caso práctico

La empresa “AESIR” es un laboratorio farmacéutico que se encarga especialmente de la fabricación de tabletas duras; dicha empresa se desea instalar en la ciudad capital. Para tal efecto se proporciona la siguiente información que se muestra en la Tabla IV.

Tabla IV. **Factores a tomar en cuenta para la localización industrial metropolitana de la empresa “AESIR”; caso práctico 2.3.2**

Trabajadores	6 operarios
Peso de materiales	1800 kg.
Ruido	20 decibeles
Humo	No molesto (0)
Incendio y explosión	Controlable
Desechos líquidos	Requiere tratamiento
Desechos sólidos	Minerales no metálicos
Transporte	Vial camión liviano
Tránsito	0.2 vehículos / hora
Integración arquitectónica	A
Efectos	Neutros

Fuente: elaboración propia

Solución

1. Subgrupo industrial

3195 Manufactura de productos farmacéuticos y medicinales.

2. Cuadro # 1 (grupos industriales)

Grupo # 8

3. Tabla de categorías

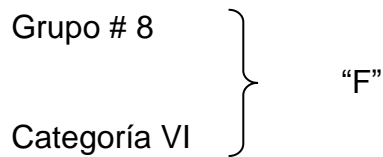
Tabla V. Factores y categorías evaluadas según el Reglamento de Localización Municipal para la localización de la empresa AESIR

FACTOR	DATOS	CATEGORÍAS
1	6	II
2	1800 kg	III
3	20 Decibeles	III
4	0.6 U.R.	III
5	No molesto	IV
6	0	I, II
7	0	I, II, III
8	controlable	IV, V
9	tratado	IV, V, VI
10	Minerales no metálicos	III, IV
11	Vial camión liviano	III
12	0.2 vehículos/hora	I
13	A	I, II, III
14	Neutro	I, II, III

Fuente: elaboración propia

Se selecciona el más alto, en este caso es la categoría VI.

4. Cuadro # 3 (Matriz de Localización)



Localización "F", en edificios aislados. Entendiéndose como tales aquellos que no tengan ni puedan tener ningún otro edificio a una distancia de 500 metros de cualquier punto de la instalación así calificada.

Cuando la localización Industrial permitida sea D, E ó F se tendrá que hacer un estudio de tolerancia de factores.

Tabla VI. **Zonas de tolerancia industrial según el reglamento para la Localización Metropolitana de la Municipalidad de Guatemala**

ZONA INDUSTRIAL	GRUPOS	1	2	3	4	5	6
							...
I-1	1,2,4,5,7,8,9	V	V	VI	VI	V	VI
I-1,1	1,2,4,5,7	VI	III	II	III	III	III
I-2	1,2,4,5,7,8,9	V	V	V	V	IV	V

Fuente: reglamento de localización metropolitana de la Municipalidad de Guatemala

Se busca en la parte de arriba la categoría tolerada y luego se busca el grupo al cual pertenece la localización, la intersección de ambas nos da en la parte izquierda de la nueva matriz la ZONA DE TOLERANCIA INDUSTRIAL, donde debemos instalar la nueva planta según el proceso y los demás factores determinantes, según las normas municipales.

En la Municipalidad existe un mapa que contiene las zonas de tolerancia industrial, con la finalidad de poder localizar de una mejor manera dichas zonas.

2.4 Práctica No.4 Cartas de Ringelman

2.4.1 Aspectos generales de las cartas de Ringelman

Esta carta proporciona diferentes tonalidades de gris por medio de las cuales pueden compararse las columnas de humo de las chimeneas. Para reproducir los tonos graduales de gris, se procederá a dibujar con tinta negra, sobre tarjetas blancas, rejillas con las siguientes características:

Tarjeta No. 0: corresponde a toda la tarjeta en blanco.

Tarjeta No. 1. Dibujos con líneas negras de 1 milímetro de espesor, a los lados espacios blancos cuadrados de 9 milímetros de lado.

Tarjeta No. 2. Dibujos con líneas negras de 2.3 milímetros de espesor, a los lados espacios blancos cuadrados de 7.7 milímetros de lado.

Tarjeta No. 3. Dibujos con líneas negras de 3.7 milímetros de espesor, a los lados espacios blancos cuadrados de 6.3 milímetros de lado.

Tarjeta No. 4. Dibujos con líneas negras de 5.5 milímetros de espesor, a los lados espacios blancos cuadrados de 4.5 milímetros de lado.

Tarjeta No. 5. Corresponde a toda la tarjeta en negro.

Los números de la carta de humo Ringelman corresponden con el tono GRIS que se obtiene de ver la tarjeta correspondiente a una distancia en que se pierden las líneas del dibujo.

La obscuridad u opacidad aparente de una columna de humo o polvo de chimenea depende de la concentración de partículas en el afluente, el tamaño de los mismos, la profundidad de las columnas de humo o polvo que es observada, de las condiciones naturales y del color de las partículas.

Para usar la carta de Ringelman formada por dibujos descritos en las tarjetas 1, 2, 3 y 4 que representan las tonalidades de gris equivalentes, se debe observar el humo cuando sale de la chimenea y comparar con el número de tarjeta correspondiente con más precisión.

Una chimenea sin emisión alguna debe anotarse como número 0 de la carta de humo de Ringelman y aquella chimenea que emita humo negro al 100% debe anotarse como número 5 de la misma carta.

Aunque la carta de humo de Ringelman normalmente se usa para evaluar emisiones negras o grises, el principio de la opacidad equivalente hace posible su utilización para evaluar otros colores de humo. El reglamento que cita la opacidad equivalente al número de Ringelman se refiere a cualquier emisión visible de tal opacidad que oscurezca la visibilidad del observador en escala comparativa a la carta de humo de Ringelman.

La opacidad simplemente significa el grado en que la luz transmitida se oscurece. La relación entre los números de la carta de humo de Ringelman o el % de opacidad es el siguiente:

NO. 1_____ igual a 20% de opacidad

NO. 2_____ igual a 40% de opacidad

NO. 3_____ igual a 60% de opacidad

NO. 4_____ igual a 80% de opacidad

Los números equivalentes al 0 y al 5 de Ringelman, corresponderían a 0 y al 100% de opacidad respectivamente.

Para las características de emisión de una chimenea, son recomendables las siguientes reglas generales:

- a) Las emisiones grises y negras se miden en densidades y se anotan según el número de Ringelman que corresponda;
- b) Cualquier otra emisión de color se mide por su opacidad, anotándose este porcentaje de opacidad y reportándose al número de Ringelman;
- c) De ser posible, las observaciones deben hacerse durante el día y debe tratarse de tener sol en dirección contraria a la observación;
- d) Debe existir una fuente de luz detrás de la columna durante las horas de oscuridad;
- e) De ser posible, las lecturas deben hacerse en ángulo recto, en relación a la dirección del viento y distancia conveniente para tener una vista clara de la chimenea y los objetos del fondo;
- f) Las lecturas deben hacerse en la parte más densa de la columna de emisión, donde es más ancha que el diámetro de la chimenea;

El tiempo transcurrido durante la observación deberá ser cuidadosamente anotado, al igual que otros datos como fecha de observación, distancia aproximada de la chimenea, nombre y cargo de la persona que hizo la observación y empresa responsable de la emisión. La exactitud de lectura puede afectarse cuando una columna de humo o polvo tiene gran cantidad de vapor que aunque no es considerado como contaminante puede interferir con la transmisión de luz a través de la columna de humo. El vapor se disipa en un punto a corta distancia de la fuente de emisión por lo que en tales casos, la lectura de la opacidad puede hacerse inmediatamente de este punto.

2.4.2 Procedimiento de uso

Al efectuar comparaciones diurnas, el observador debe colocarse a una distancia no menor de 30 metros ni mayor de 400 metros del cañón de la chimenea. El sol debe quedar preferiblemente a espaldas del observador. Durante las horas de obscuridad debe utilizarse una fuente de luz situada detrás de la pluma de humo, siendo el frente de éste el que observa el operador.

Se coloca la carta lo más próxima posible a la línea de la visual del observador a la pluma perpendicular a dicha línea y a una distancia tal del observador, que las retículas de la carta aparezcan como campos grises uniformes (18 metros aproximadamente).

Se mira hacia la parte más densa de la pluma, en donde ésta tiene el mismo diámetro que la salida de la chimenea y se compara su color con los tonos de la carta. En el caso que exista vapor de agua en la pluma, la lectura debe hacerse en el punto en donde se haya disipado el vapor. Siempre que sea

posible, la línea de la visual debe quedar en ángulo recto con la relación a la dirección del viento.

Cada lectura individual se obtiene determinando el número de la tarjeta cuyo tono sea el más cercano al del observado. En los casos en que el humo sea más claro que la tarjeta número 1, se le debe asignar el valor 0; si es más oscuro que la tarjeta número 4, se le debe asignar el valor 5. No se permite expresar valores en fracciones de unidad, debiendo registrar siempre los valores con el número de la tarjeta cuyo tono se asemeja más al del humo comparado.

Las lecturas para determinar el porcentaje de densidad aparente visual del humo, se efectúan una cada 15 a 30 segundos en forma consecutiva. Los datos deben registrarse en una tabla diseñada para tal caso.

2.4.3 Fórmulas a utilizar

El cálculo del porcentaje de densidad aparente visual del humo para el periodo total de observación se efectúa aplicando la siguiente fórmula:

$$D.A.V. = \frac{Ne * 20}{N}$$

En donde:

D.A.V. = Densidad aparente visual del humo.

Ne = número total de equivalente del número 1.

N = número total de lecturas.

El número 20 es la equivalencia en % de densidad de la tarjeta No. 1.

El valor N_e se obtiene multiplicando el número de lecturas individuales de cada tarjeta por el número correspondiente de la misma y sumando los valores parciales obtenidos.

2.4.4 Caso práctico

La empresa “Valkiria, S.A.”, necesita hacer un estudio de contaminación, debido a que la comunidad ha presentado un alegato a la municipalidad del problema contaminante que la empresa tiene. Para tal efecto se presenta un juego de datos con los cuales se le solicita realizar un estudio para determinar si éste problema se encuentra en los límites de contaminación. Dependiendo de los resultados, recomiende soluciones para los problemas que puedan suscitarse. Se efectúan lecturas de una chimenea en periodo de 15 segundos durante 60 ciclos. Los datos tomados se muestran en la tabla VII en la página siguiente.

Tabla VII. Lecturas tomadas para el estudio de Ringelman de la empresa Valkiria, S.A.; caso práctico 2.4.4

No.	0	15	30	45	No.	0	15	30	45
1	0	0	0	0	31	1	1	1	1
2	0	0	0	0	32	1	1	1	1
3	0	0	0	0	33	0	0	0	0
4	1	1	1	1	34	0	0	0	0
5	1	1	1	1	35	0	0	0	0
6	2	2	2	2	36	1	1	1	1
7	2	3	3	3	37	1	1	1	1
8	3	3	3	3	38	1	1	1	1
9	2	2	1	1	39	1	1	0	0
10	1	1	0	0	40	0	0	0	0
11	0	0	0	0	41	0	0	0	0
12	0	0	0	0	42	0	0	0	0
13	0	0	0	0	43	0	0	0	0
14	0	0	0	0	44	0	0	0	0
15	0	0	0	0	45	1	1	2	2
16	0	0	0	0	46	2	2	3	3
17	0	0	0	0	47	3	3	3	3
18	0	0	0	0	48	3	3	4	3
19	0	0	0	0	49	2	2	2	2
20	2	2	2	2	50	2	2	2	2
21	2	2	2	2	51	2	1	1	1
22	2	2	2	2	52	1	1	1	1
23	3	3	3	3	53	1	1	1	0
24	3	4	4	4	54	0	0	0	0
25	4	5	5	5	55	0	0	0	0
26	5	5	5	5	56	0	0	0	0
27	4	4	3	3	57	0	0	0	0
28	3	3	3	3	58	0	0	0	0
29	2	2	1	1	59	0	0	0	0
30	1	1	1	1	60	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Solución

Las lecturas luego se deben ordenar por tarjeta y por frecuencia de la siguiente forma:

Tabla VIII. **Tabulación de los datos para el estudio de Ringelman del caso práctico 2.4.4**

Lecturas	Tarjetas	Equivalentes al No.
0	0	0
52	1	52
34	2	68
27	3	81
7	4	28
7	5	35
N = 240		Ne = 264

Fuente: elaboración propia

$$D.A.V. = \frac{Ne * 20}{20}$$
$$D.A.V. = \frac{(264 * 20)}{240}$$
$$D.A.V. = 22\%$$

La interpretación que se le da a estos valores es que cuando sean mayores al 51% de DAV indicará una posible contaminación ambiental por humos, por lo que se sabe se debe solicitar una calibración del balance aire-combustible de los quemadores responsables de estos humos negros de chimenea, también se debe tomar en cuenta que al principio de un arranque de un quemador industrial regularmente éste expulsa aire negro por la chimenea, sin embargo al estabilizarse el proceso de combustión se aclara el humo en el

cañón de la chimenea, por lo que es aconsejable esperar unos minutos cuando sea arranque de los quemadores hasta que se estabilice el proceso de combustión, no deben pasar más de 10 minutos para que se estabilice el proceso de combustión y se debe iniciar con la lectura de las tarjetas. En cuanto al resultado obtenido por el análisis realizado, vemos que el DAV es de 22%, por lo que no existe el riesgo de una contaminación ambiental.

2.5 Práctica No. 5 Edificios industriales

2.5.1 Características generales

Los tipos de construcción de los edificios ó naves industriales se determinan de acuerdo al tipo de proceso para el cual se van a emplear las instalaciones, de acuerdo a ello éstas pueden ser: cuadrados, naves en U, naves en L, rectangulares con dos alturas, tipo H, etc. La clasificación de los edificios industriales también depende del factor anterior existiendo edificios industriales de primera categoría, de segunda categoría y de tercera categoría. Las cubiertas de los edificios (techos) también se consideran ya que éstas van sobre una armadura resistente y pueden ser de distintos materiales considerando tanto para qué tipo de industria se va a utilizar como también el factor económico y la facilidad de montaje de las mismas.

2.5.2 Tipos de edificios industriales

Como se mencionó anteriormente, existen varios tipos de edificios industriales, entre los que destacan:

- Naves industriales rectangulares: éste es el tipo más común en la construcción de edificios industriales, se utiliza en plantas donde la maquinaria se distribuye en filas o hileras.
- Naves industriales cuadradas: éste es uno de los tipos menos usados para la construcción de edificios industriales, ya que presentan varias desventajas como por ejemplo el costo de construcción, la situación de máquinas en el local, etc. Sin embargo lo que para unas empresas pueden significar desventajas para otras son ventajas.
- Naves industriales en U: éstas instalaciones tienen la ventaja de que el espacio con que se dispone es amplio y organizado, ya que tanto las oficinas, los talleres, la planta de producción, los comedores, la bodega, etc. pueden tener su propio lugar. Generalmente la parte de en medio se utiliza para entradas y salidas, y/o para áreas verdes.
- Naves industriales en L: éste tipo de edificios presenta la ventaja de independizar el acceso a bodegas de las oficinas, así las personas ajenas a la empresa no tendrán a la vista el parqueo de materiales. Además tiene amplios espacios para tener zonas verdes de recreación.
- Naves industriales en H: se refiere a dos naves rectangulares conectadas entre sí. Este tipo de edificios se utiliza cuando se quiere tener dos partes separadas, pero a la vez comunicadas entre sí. En su parte posterior se tiene espacio para recreación. Si existe en este lugar espacio para la recreación se debe tener acceso desde los comedores así como del pasadizo central. Entre las ventajas de este tipo de edificios se puede mencionar que todo puede ser muy bien distribuido y organizado dentro y fuera del mismo.

2.5.3 Techos industriales

Se da el nombre de techo a la estructura que forma el último diafragma de la construcción que se realiza en la parte superior y exterior de una industria y que tiene como misión proteger la construcción y a los habitantes de las inclemencias del clima como la lluvia, el viento, la nieve, el calor y el frío. El techo es el elemento que corona la construcción. Las partes que constituyen un techo son:

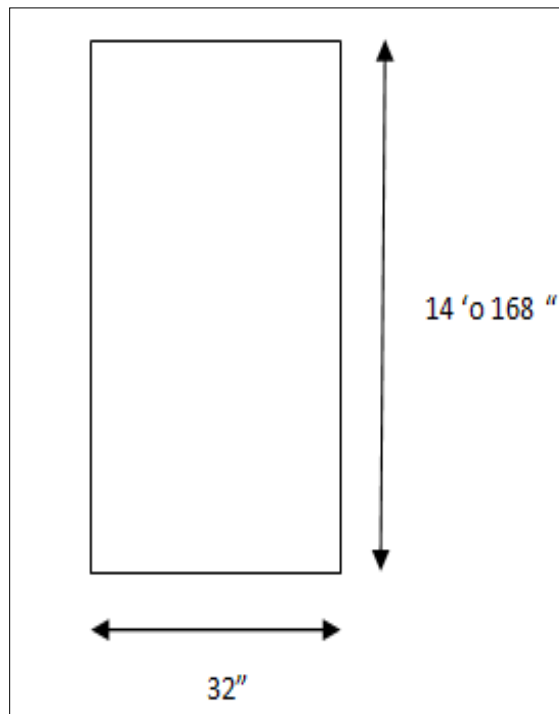
- ✓ Estructura o armazón: es la parte formada por elementos de madera o en algunos casos de acero (en forma de cercas), que tiene el cargo de soportar su propio peso y el del techo o cubierta.
- ✓ Techo o cubierta: es el grupo de elementos que va a ajustado sobre la estructura, puede ser teja de barro, lámina de zinc, teja de fibra de cemento, etc. En ciertos casos debe completar un manto impermeable.
- ✓ Anexos que completan el techo: son partes de la cubierta hechos del mismo material y sirven para hacer remates. Entre ellos se tienen límatelas, caballetes, esquineras y claraboyas.
- ✓ Las pendientes de los techos: son las vertientes o inclinaciones con la que se construyen los techos para expulsar con facilidad las aguas y su magnitud depende de la materia que se use como cubierta. Las pendientes que más se utilizan en nuestro medio son las siguientes:
 - Entre 20% y 70% para cubiertas de cinc y tejas de fibra de cemento;
 - Entre 30% y 60% para los diferentes tipos de tejas de barro;
 - Entre 50% y 80% para los techos de palma o paja.

Los tipos de techos industriales más comunes son:

- Techos de dos aguas
- Techos curvos
- Techos dientes de sierra

Los tamaños de láminas en el mercado son variables pero como medida estándar se puede adoptar la lámina de 14 pies por 32 pulgadas (Figura 2).

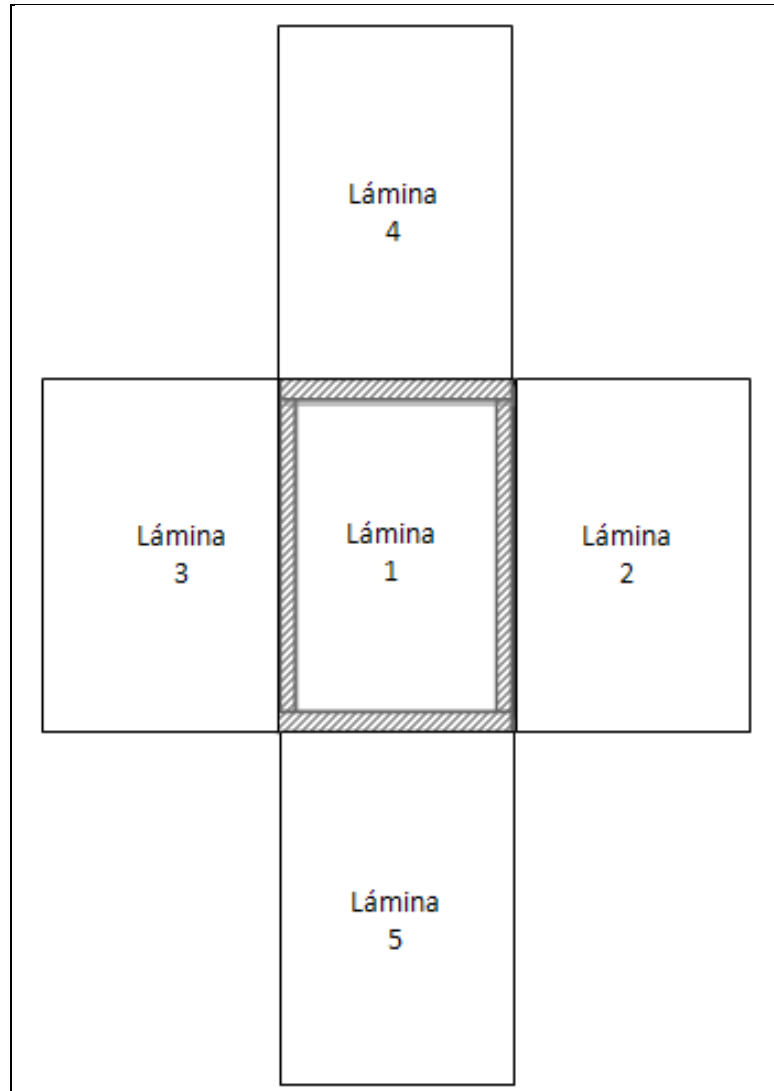
Figura 2. **Dimensiones (en pies y pulgadas) de una lámina de metal estándar**



Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 76

Para la instalación de las láminas se debe tomar en cuenta un traslape entre cada una de ellas como se muestra en la siguiente figura.

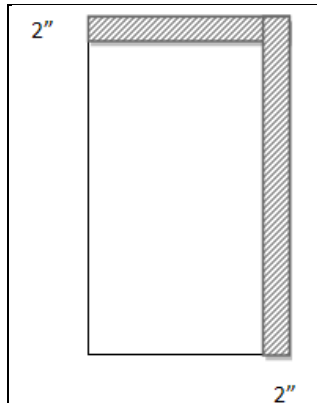
Figura 3. **Montaje de las láminas para la colocación de un techo industrial**



Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 76

El traslape para cada lámina debe ser de por lo menos 2 pulgadas a lo largo y a lo ancho de la misma.

Figura 4. Traslape mínimo requerido para la colocación de láminas en un techo industrial



Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 76

Por lo tanto el área útil de la lámina se reduce a 164 pulgadas por 28 pulgadas.

Aquí no se están tomando en cuenta las láminas que quedarán en los límites del techo. Por otro lado, se toma un traslape a lo largo de cada lado de la lámina porque generalmente existe una viga de refuerzo en estas zonas y esto no se toma en cuenta al contabilizar el área del techo desde el interior del edificio.

2.5.4 Caso práctico

La empresa “Sakura” se dedica a la fabricación de productos decorativos para la vivienda, está actualmente construyendo su fábrica y necesita decidir qué tipo de techo industrial colocará a su planta, por lo que solicita a usted realice un informe del número de láminas para:

- El diseño de un techo de dos aguas (ángulo de 20°);
- El diseño de un techo curvo;
- El diseño de un techo dientes de sierra (ángulo de 25°).

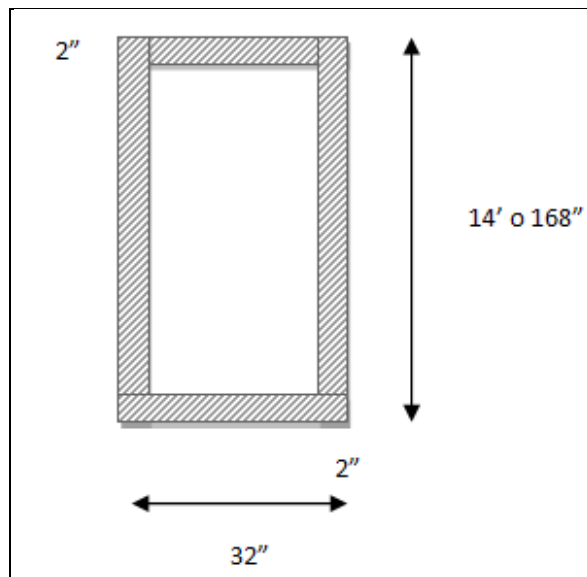
Esto para una planta que mide 40 metros de largo, 25 metros de ancho y 10 metros de altura; se solicita utilizar láminas de 14 pies por 32 pulgadas.

Solución

a) Techo a dos aguas

Cálculo del área útil de la lámina a utilizar:

Figura 5. **Área útil de una lámina estándar para la colocación del techo industrial de la empresa “SAKURA”; caso práctico 2.5.4**



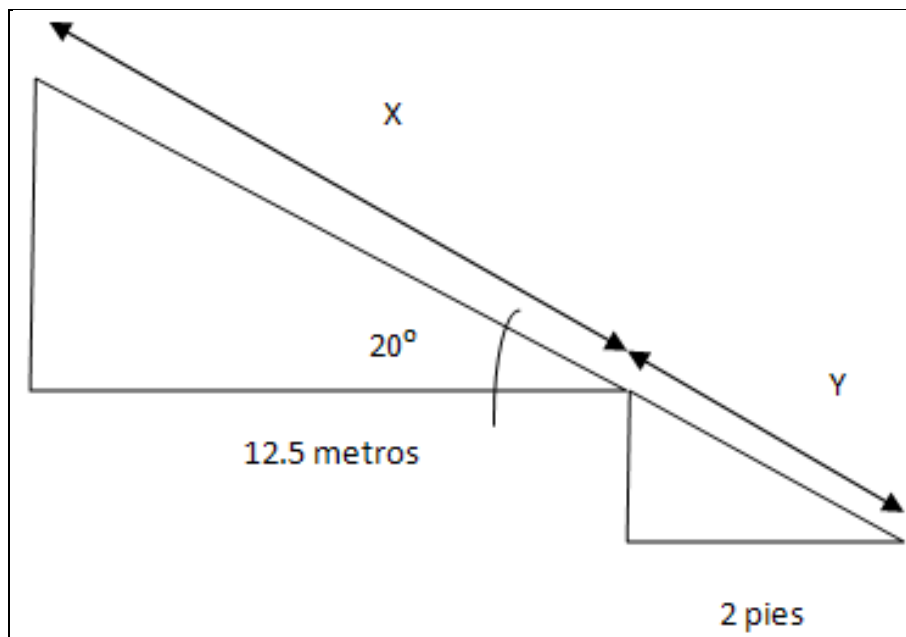
Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 76

$$\text{Área útil} = (28'') * (164'') = 4592 \text{ pulg}^2$$

$$\text{Área útil} = 4592 \text{ pulg}^2 * (1 \text{ m}^2 / 1550.0031 \text{ pulg}^2) = 2.9626 \text{ m}^2$$

Entonces, para este tipo de techo se debe tomar en cuenta la existencia de una saliente de 2 pies con respecto a la pared (ver figura 6), por lo que el cálculo del área útil a cubrir será:

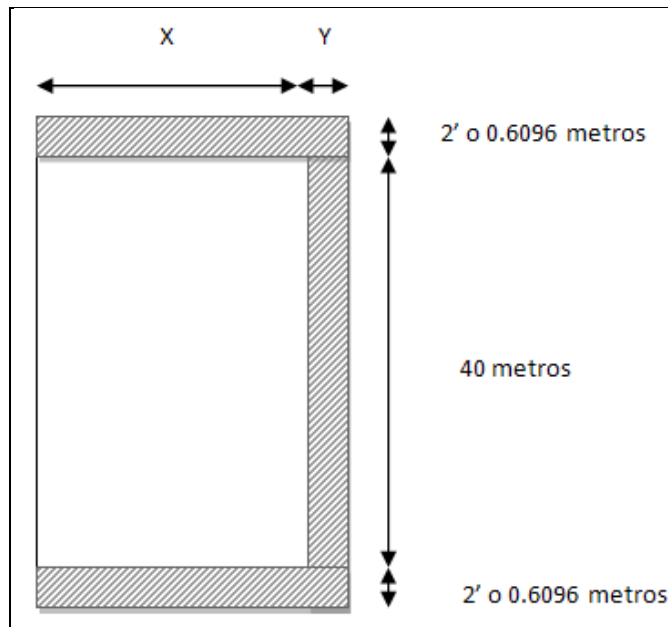
Figura 6. **Saliente necesaria para la instalación de un techo a dos aguas; caso práctico 2.5.4**



Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 76

Viendo una de las caras del techo, el área a cubrir es:

Figura 7. Área útil a cubrir para la instalación de un techo a dos aguas;
caso práctico 2.5.4



Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 76

Aplicando trigonometría, se calcula el valor de "X" y "Y"

$$\text{Cos } 20 = \frac{12.5 \text{ metros}}{X}$$

$$X = \frac{12.5 \text{ metros}}{\text{Cos}20} = 13.30 \text{ metros}$$

Aplicando el teorema de triángulos semejantes, se procede a calcular el valor de Y.

$$\text{Cos } 20 = \frac{0.6096 \text{ metros}}{Y}$$

$$Y = \frac{0.6096 \text{ metros}}{\cos 20} = 0.6487 \text{ metros}$$

El largo total a cubrir con láminas es:

$$L = 40 \text{ metros} + 2 * (0.6096 \text{ metros}) = 41.2192 \text{ metros}$$

El área total a cubrir es:

$$\text{Área} = (X + Y) * L$$

$$\text{Área} = (13.30 + 0.6487) * (41.2192)$$

$$\text{Área} = 574.95 \text{ metros}^2$$

El número de láminas a utilizar es:

$$NL = \frac{\text{Área}}{\text{Área útil}} = \frac{574.95 \text{ metros}^2}{2.9626 \text{ metros}^2}$$

$$NL = 194.07 \approx 195 \text{ láminas}$$

Pero este cálculo es solo para un lado del techo, entonces el total de láminas a utilizar será:

$$NL = 2 * (195 \text{ láminas}) = 390 \text{ láminas}$$

Ahora bien, se debe tomar en cuenta que del total de láminas a utilizar se debe tener un 20% de láminas transparentes para favorecer la iluminación natural, por lo tanto:

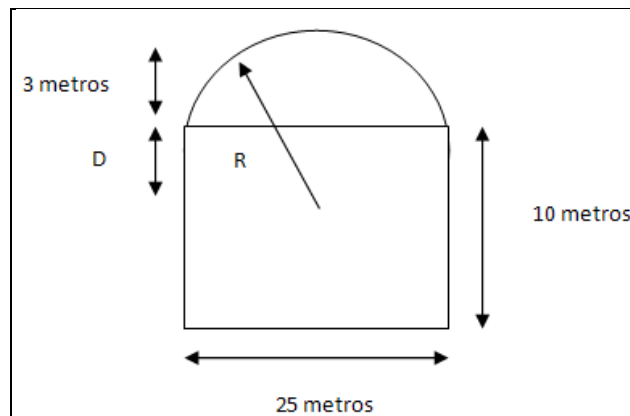
$$NL_{\text{Transparentes}} = 390 * 0.20 = 78 \text{ láminas transparentes}$$

$$NL_{\text{Estándar}} = 390 - 78 = 312 \text{ láminas estándar}$$

b) Techo curvo

Para este tipo de techo, se nos indica que el mismo debe tener una elevación de 3 metros sobre la pared, por lo que se sabe que el centro de la circunferencia a trazar esta desplazada hacia abajo (ver Figura 8)

Figura 8. Dimensiones de la nave industrial para la instalación del techo curvo en la empresa “SAKURA”; caso práctico 2.5.4



Fuente: elaboración propia

Donde “D” equivale al desplazamiento del centro de la circunferencia trazada por el techo. Para calcular el radio de la curvatura se propone el siguiente procedimiento:

$$0 = \sqrt{(H + D)^2 - X^2} - D^2$$

$$D^2 = (H + D)^2 - X^2$$

$$D^2 = H^2 + 2HD + D^2 - X^2$$

$$X^2 = H^2 + 2HD$$

Por lo tanto

$$D = \frac{X^2 - H^2}{2H}$$

$$R = H + D$$

Donde:

H = Elevación del techo con respecto a la pared.

D = Desplazamiento del centro de la circunferencia.

X = Distancia horizontal del arco (base/2).

Por lo tanto

$$D = \frac{12.5^2 - 3^2}{2 * 3}$$

$$D = 589/24 = 24.5417 \text{ metros}$$

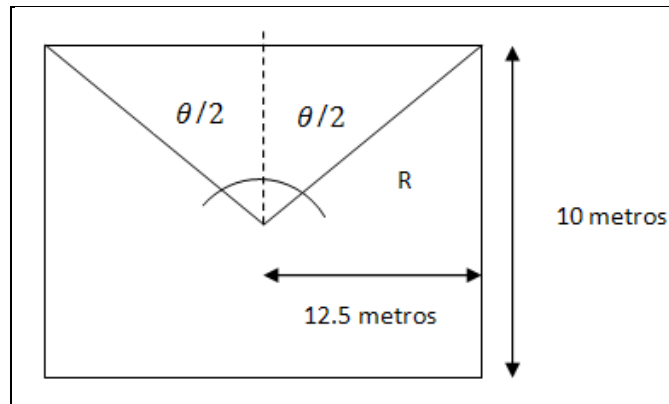
$$R = 3 + \frac{589}{24} = \frac{661}{24} = 27.5417 \text{ metros}$$

La ecuación para el cálculo total del arco descrito por una circunferencia es la siguiente:

$$P = \left(\frac{\theta * \pi}{180^\circ} \right) * R$$

Donde θ equivale al ángulo trazado por el arco, en grados sexagesimales. Entonces se tiene:

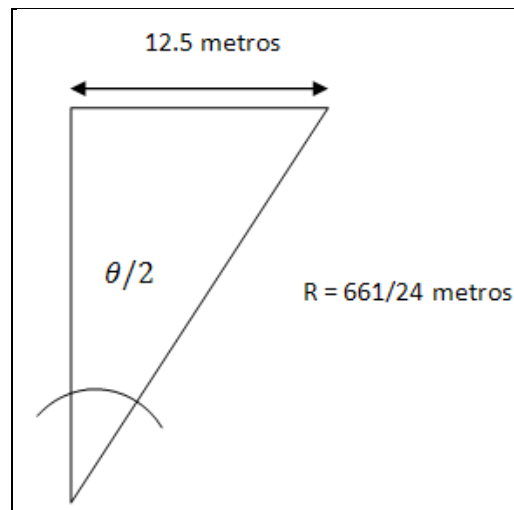
Figura 9. Dimensiones requeridas para calcular la longitud de arco necesario para la instalación del techo curvo en la empresa “SAKURA”; caso práctico 2.5.4



Fuente: elaboración propia

El ángulo se calcula por medio del triángulo descrito de esta manera:

Figura 10. Dimensiones necesarias para calcular el ángulo descrito por el arco, caso práctico 2.5.4



Fuente: elaboración propia

$$\sin(\theta/2) = \frac{12.5}{661/24}$$

$$\theta = 2 * \left[\sin^{-1} \left(\frac{12.5}{661/24} \right) \right]$$

$$\theta = 53.9829 \text{ grados}$$

El perímetro del arco es

$$P = \left(\frac{53.9829 * \pi}{180^\circ} \right) * \left(\frac{661}{24} \right) = 25.95 \text{ metros}$$

El área a cubrir con este tipo de techo se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Área} = P * \text{Largo}$$

$$\text{Área} = (25.95 \text{ metros}) * (40 \text{ metros}) = 1,038 \text{ metros}^2$$

En número de láminas a utilizar es:

$$NL = \frac{\text{Área}}{\text{Área Útil}} = \frac{1038}{2.9626}$$

$$NT = 350.37 \approx 351 \text{ láminas}$$

Ahora bien, se debe tomar en cuenta que el total de láminas a utilizar se debe tener un 20% de láminas transparentes para favorecer la iluminación natural.

$$NL_{Transparentes} = 351 * 0.20 = 70.20 \approx 71 \text{ láminas transparentes}$$

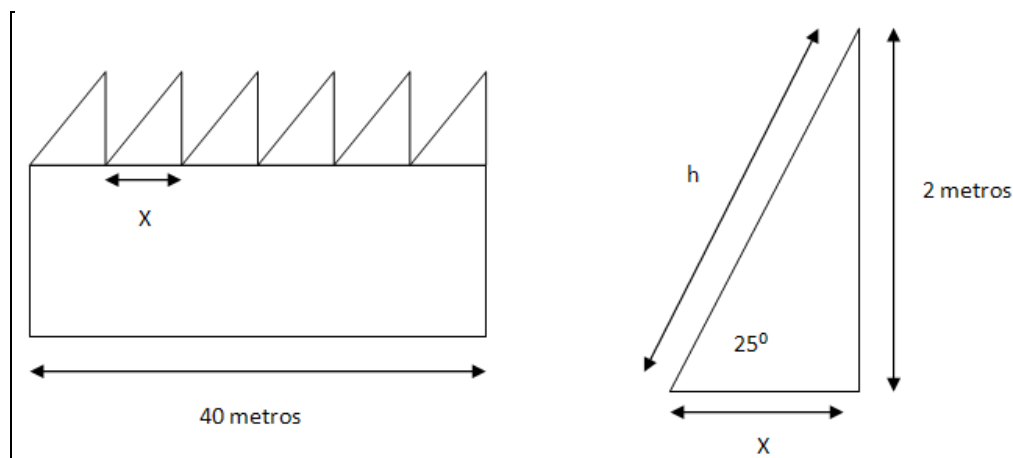
$$NL_{Estándar} = 351 - 71 = 280 \text{ láminas estándar}$$

Al momento de que no se indique una elevación del techo sobre la pared, se trabaja con una semicircunferencia normal para calcular el perímetro del arco ($R =$ la mitad de la base del edificio).

c) Techo dientes de sierra

Generalmente, al momento de realizar el diseño de un techo dientes de sierra se emplea una altura de 2 metros para cada uno de los dientes.

Figura 11. Dimensiones de la nave industrial para la instalación de un techo dientes de sierra; caso práctico 2.5.4



Fuente: elaboración propia

Aplicando trigonometría se obtiene el valor de “X” y “h” de la siguiente forma:

$$\tan 25 = \frac{2}{X}$$
$$X = \frac{2}{\tan 25} = 4.29 \text{ metros}$$

$$\sin 25 = \frac{2}{h}$$
$$h = \frac{2}{\sin 25} = 4.73 \text{ metros}$$

El número de dientes a utilizar será:

$$ND = \frac{\text{base}}{X} = \frac{40 \text{ metros}}{4.29 \text{ metros}} = 9.32 \approx 10 \text{ dientes}$$

El área a cubrir para cada diente se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Área}_{\text{diente}} = h * (\text{ancho del edificio})$$

$$\text{Área}_{\text{diente}} = (4.73 \text{ metros}) * (25 \text{ metros}) = 118.25 \text{ metros}^2$$

Entonces, el área total a cubrir es:

$$\text{Área} = (\text{Área}_{\text{dientes}}) * (ND) = (118.25 \text{ mt}^2) * (10 \text{ dientes})$$

$$\text{Área} = 1182.50 \text{ mt}^2$$

Ahora se calcula el número de láminas a utilizar

$$NL = \frac{\text{Área}}{\text{Área útil}} = \frac{1182.50 \text{ mt}^2}{2.9626 \text{ mt}^2}$$

$$NL = 399.14 \approx 400 \text{ láminas}$$

Al igual que los dos métodos anteriores, se debe tomar en cuenta que del total de láminas a utilizar, se debe tener un 20% de láminas transparentes para favorecer la iluminación natural.

$$NL_{\text{Transparentes}} = 400 * 0.20 = 80 \text{ láminas transparentes}$$

$$NL_{\text{Estándar}} = 400 - 80 = 320 \text{ láminas estándar}$$

El número de dientes calculado se mantiene, para adaptar este número a las dimensiones del edificio simplemente se modifica el último diente manteniendo una altura uniforme (se reduce la base del mismo). Al hacer esto se reduce el área a cubrir para este último diente, pero como se ha de indicar, es mejor que tengamos cierto excedente en las láminas calculadas para prever cualquier modificación.

Ya habiendo realizado el cálculo del número de láminas para cada uno de los distintos tipos de techos, presentamos a continuación una tabla resumen (tabla IX).

Tabla IX. **Tabulación de las láminas necesarias para la instalación de los distintos tipos de techo industrial en la empresa “SAKURA”; caso práctico**

2.5.4

Tipo de Techo	# Láminas Estándar	# Láminas Transparentes	# Total Láminas
A dos Aguas	312	78	390
Curvo	280	71	351
Dientes de Sierra	320	80	400

Fuente: elaboración propia

Se recomienda entonces que la empresa elija el tipo de techo que desea construir en base al número de láminas a utilizar tomando en cuenta los gastos necesarios para ello.

2.6 Práctica No 6. Ventilación y control de ruido

2.6.1 Ventilación industrial

La ventilación industrial es el proceso por el cual se extrae el aire viciado del interior de una nave industrial para ser reemplazado por aire fresco del exterior. Con este proceso se realiza un balance térmico dentro de las instalaciones ya que se logra extraer el aire caliente generado por la maquinaria y las personas para ser sustituido por aire nuevo y fresco que mantenga una temperatura constante.

Existen diferentes métodos para poder realizar una renovación de aire dentro de una nave industrial, entre los más empleados tenemos los siguientes:

a) Renovación artificial: la renovación de aire mediante un sistema artificial es aquel que permite un intercambio de aire con el exterior de forma mecánica. Se realiza mediante la creación artificial de depresiones o sobrepresiones en conductos de distribución de aire o áreas de la nave industrial. Éstas pueden crearse mediante extractores, ventiladores, unidades de tratamiento de aire y otros elementos acondicionados mecánicamente. Entre los tipos de ventilación artificial tenemos:

- Ventilación por presión positiva: ésta involucra la inyección de aire fresco dentro de un espacio confinado a una tasa superior a la que éste sale, creando una ligera presión positiva dentro del espacio.
- Ventilación por presión negativa: es la extracción o succión del aire desde un espacio confinado hasta el exterior. Se realiza por medio de un método mecánico que genera una corriente de aire y puede generarse por medio de un ventilador, de esta forma se genera un efecto venturi o succión al hacia exterior. Es de vital importancia que se provean de las entradas necesarias para que ingrese el aire de reemplazo. Entre los equipos más comunes que se utilizan para la ventilación artificial tenemos:

- ✓ Eyectores de humo: son extractores que ventilan espacios confinados, ya sea a través de un ducto o bien instalados en los accesos, provocando una corriente hacia el exterior.
- ✓ Ventiladores: Pueden o no utilizar un ducto; se encargan de introducir aire desde el exterior hacia ambientes cerrados. Existen del tipo eléctrico, hidráulico y a motor de combustión. Estos últimos son los más comunes.

- b) Renovación subterránea: la renovación de aire subterránea consiste en la construcción o instalación de tuberías subterráneas que permitan inyectar aire fresco del exterior hacia la nave industrial. Uno de los materiales más recomendados para emplearlos en este tipo de ventilación es el aluminio, ya que es un material cuyas propiedades permiten conservar la temperatura del aire hasta que ingrese a las instalaciones. Generalmente la tubería se instala a 1 metro o un poco más de profundidad debajo del piso de la nave industrial, haciendo que este tenga un recorrido en forma serpentina dentro de todo el local.
- c) Renovación natural: la renovación natural puede ser la más simple de todas, ya que consiste en la instalación de ventanales a lo largo y ancho de las dimensiones de la nave industrial distribuidas uniformemente; con esto se logra enviar el aire viciado hacia el exterior. En este tipo de ventilación se aprovechan los medios naturales para poder introducir aire fresco hacia el edificio, hacer que circule y expulsarlo, los medios que permiten realizar dicha acción son los siguientes:
- ✓ La energía cinética del viento, y;
 - ✓ El tiro natural que es inducido por la diferencia de temperaturas, esto es debido a que el aire fresco, como se encuentra frío se encuentra más concentrado, por ello ocupa la parte baja de las instalaciones, y el aire caliente, como se encuentra más disperso y expandido se encuentra en la parte superior, generando así un ciclo continuo de renovación de aire que se logra mediante el reemplazo del aire frío sobre el aire viciado.

Para lograr una buena ventilación natural, los ventanales deben ser colocados en forma equitativa tanto longitudinalmente como frontalmente en la

nave industrial, ya que a veces el viento soplará en forma paralela o longitudinal. En la Figura 12 se muestra un sistema de ventilación industrial.

Figura 12. **Sistema de ventilación industrial**



Fuente: http://www.ventilacion.com/ventilacion_industrial/estatica.html

Generalmente se recomienda que para tener una buena ventilación natural el área de las ventanas se encuentre entre un rango entre 25% y 30% del área total de la superficie de las paredes de la nave industrial.

Las entradas de aire en superficie de ventanales deben ser iguales a la salidas de aire para tener balanceadas las dos masas de aire. Algunas veces hay que diseñar la entrada del aire fresco por la parte de abajo del edificio, para que el aire fresco empuje el asa de aire caliente que tiende a emigrar hacia arriba del edificio, por lo que hay que abrir ranuras longitudinales a través de las paredes, con su respectiva protección para evitar el ingreso de cualquier tipo de contaminante que comprometa el saneamiento de la fabrica.

2.6.2 Diseño de un sistema de ventilación natural

Para poder diseñar un sistema de ventilación natural que sea eficiente es necesario conocer el tipo de actividad que se realiza dentro del edificio, es por ello que la ventilación natural se mide por el número de veces que cambia el volumen del aire por hora dentro del mismo. Éste número de renovaciones del aire por hora se encuentra en función del número de personas que se encuentran dentro de las instalaciones, el tipo de actividad que se lleva a cabo, el tipo de maquinaria y el tipo de operaciones del proceso. Abajo se presenta una tabla en la cual se muestra el volumen de aire necesario a renovar dependiendo del tipo de recinto y actividad:

Tabla X. **Cantidad de volumen de aire necesario por persona para los distintos tipos de recintos**

Hospitales, salas generales	60
Hospitales, salas de heridos	100
Hospitales, salas de enfermedades	150
Talleres	60
Industrias insalubres	100
Teatros y salas de reunión	50
Escuela de niños	15
Escuela de adultos	30
Estancias ordinarias	10

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 81

En la tabla XI se indica el número de veces necesarias que el aire debe ser renovado por hora, también dependiendo del tipo de recinto

Tabla XI. **Número de renovaciones de aire necesario para los distintos tipos de recintos**

Habitaciones ordinarias	1
Dormitorios	2
Hospitales, enfermedades comunes	3 a 4
Hospitales, enfermedades epidémicas	5 a 6
Talleres	3 a 4
Teatros	3 a 4

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 81

Existen diversos factores que deben ser analizados y tomados en cuenta para el diseño de un sistema de ventilación natural, entre ellos tenemos los siguientes:

- ✓ Velocidad promedio del aire;
- ✓ Dirección dominante del viento (longitudinal ó perpendicular);
- ✓ Variaciones diarias y estacionarias de la velocidad y la dirección;
- ✓ Obstáculos cercanos tales como edificios, árboles, accidentes topográficos, vallas publicitarias, etc.;
- ✓ Extractor de aire dinámico.

Es posible medir la cantidad de aire que entra a un edificio mediante la siguiente fórmula:

$$Q = C.A.V$$

Donde:

Q = flujo del aire en m³/seg.

C = coeficiente de entrada de la ventana

A = área de paso de las ventanas en metros cuadrados

V = velocidad del aire

Los tipos de coeficientes de entrada del aire cuando actúa en forma longitudinal o perpendicular se muestran en la siguiente tabla:

Tabla XII. **Tipos de coeficientes para la renovación de aire**

C	Características
0.25-0.35	Cuando actúa longitudinalmente
0.3-0.5	Cuando actúa perpendicularmente

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 81

Conocido el volumen de aire a renovar, debemos calcular el caudal de aire necesarios para que se dé una buena ventilación (ver tabla XII).

$$CA = V. \text{ No. R/hora}$$

Donde:

CA = caudal de aire necesario en m³/hora

V = Volumen de aire que se desea renovar

No. R/hora = Numero de renovaciones de aire por hora

Conociendo el caudal de aire y el flujo de aire que entra al edificio, podemos entonces verificar el balance entre ambas mediciones. Entonces, el volumen del aire a renovar es:

$$V = \frac{Q1}{0.3116 - (T1 - tme)}$$

Donde:

V = volumen de aire en metro cúbico que se desea renovar / hora

Q1 = Calor a eliminar

T1 = temperatura interior que se desea

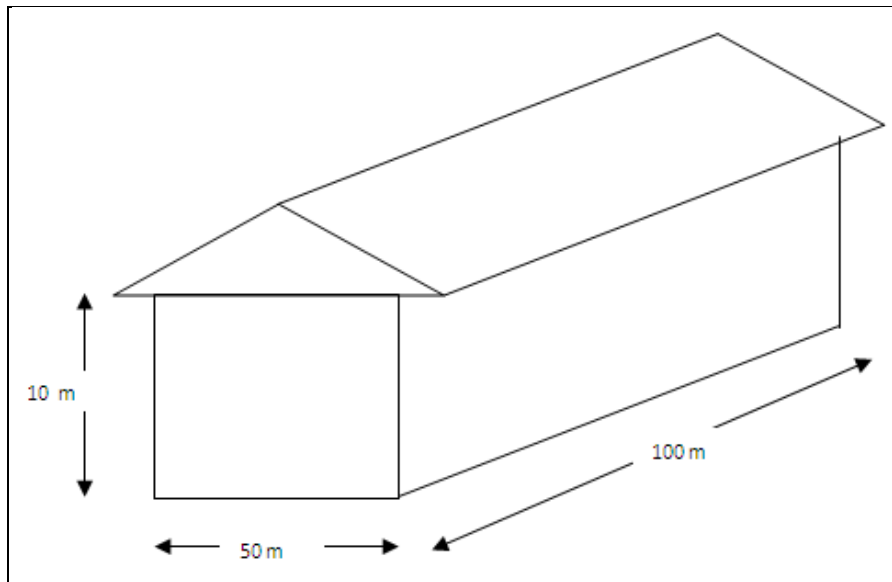
Tme = temperatura mínima exterior

2.6.3 Caso práctico

Se solicita calcular el número de ventanas necesarias para lograr una ventilación adecuada del edificio industrial que posee 10 metros de alto, 100 metros de largo y 50 metros de ancho; para ello utilice los siguientes datos (ver figura 13).

- Velocidad del viento: 8 km/hora = 8000 m/hora
- Viento: longitudinal
- Ancho = 50 metros
- Largo = 100 metros
- Altura = 10 metros
- No. De veces de Renovación del aire R = 4 veces (taller)

Figura 13. Dimensiones de la nave industrial; caso práctico 2.6.3



Fuente: elaboración propia

Solución

a) Volumen total

$$V_{Total} = 50 * 100 * 10 = 50,000 \text{ metros}^3$$

b) Volumen total a evacuar de aire

$$V_{evacuar} = V_{Total} * R$$

$$V_{evacuar} = 50000 * 4 \text{ veces/hora} = 200,000 \text{ metros}^3/\text{hora}$$

c) Área de paso

$$Q = V_{Evacuar}$$

$$V_{Evacuar} = C * A_P * v$$

Donde

$$C = 0.35$$

v = velocidad del viento = 8,000 metros/hora.

A_P = Área de paso.

De la fórmula anterior despejamos A_P , la cual nos queda:

$$A_p = \frac{\text{Volumen evacuar}}{C * v}$$

$$A_p = \frac{200,000}{0.35 * 8000}$$

$$A_p = 71.43 \text{ metros}^2$$

d) Dimensiones de ventanas

$$A_p = X * Y$$

Donde X = largo, Y = ancho.

$$A_P = 100 * Y$$

$$A_P = 50 * X$$

$$Y = 71.43/100 \quad X = 71.43/50$$

$$Y = 0.72 \text{ m.}$$

$$X = 1.43 \text{ m.}$$

e) Área de ventanas

$$\text{Área}_{\text{ventanas}} = (1.43 \text{ metros}) * (0.72 \text{ metros}) = 1.0296 \text{ metros}^2$$

f) # de Ventanas

$$\# \text{ Ventanas} = \frac{A_p}{\text{Área}_{\text{ventanas}}} = \frac{71.43 \text{ m}^2}{1.0296 \text{ m}^2} = 69.38 \approx 70 \text{ ventanas}$$

Para este caso utilizaremos 70 ventanas para que nos quede un número par y estén distribuidas equitativamente en nuestra nave industrial. En conclusión necesitamos un total de 70 ventanas de 1.43 metros de largo por 0.72 metros de alto.

2.6.4 Control de ruido

El ruido puede definirse como el conjunto de sonidos desagradables e indeseables para el oído humano. No se le debe restar importancia, ya que en su nivel más importante, el ruido constituye una advertencia; un peligro, un desastre, siendo su máxima reacción psicológica el temor que aceleran las reacciones fisiológicas del individuo.

El ruido tiene cierto efecto sobre la eficiencia en el trabajo, no afecta notablemente a la productividad, sin embargo, si aumenta la frecuencia de faltas momentáneas de atención, y es, por lo tanto, responsable de cierto número de errores humanos. El oído humano es capaz de percibir sonidos dentro de un gran rango de presiones sonoras, que va desde 2×10^{-5} (Pa), denominado umbral de audición, hasta aproximadamente 100 (Pa) que se denomina umbral del dolor. Trabajar dentro de un rango de presiones de tan

enorme magnitud resulta muy complicado, para solucionar este problema se utiliza el decibel (dB), el cual nos permite comprimir este gran rango de presiones sonoras audibles a una escala más pequeña y fácil de manejar, entregándonos el Nivel de Presión Sonora en (dB) mediante la fórmula siguiente:

$$N.P.S. = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 (dB)$$

En donde:

P = Presión sonora eficaz del sonido en estudio.

P₀ = Presión sonora eficaz de referencia.

Como mencionamos anteriormente, el decibel (dB), es la unidad de medida que compara la intensidad de la presión del sonido. El decibel tiene una relación logarítmica con la intensidad de presión real, y así la escala se reduce conforme el sonido se hace más fuerte, hasta que en los intervalos superiores es sólo una medida burda de la intensidad de presión real.

2.6.5 Medición del ruido

Generalmente, para medir el ruido se utiliza un aparato conocido como Sonómetro o Decibelímetro, el cual mide la intensidad del sonido en cualquier ambiente acústico (fábricas, escuelas, salas de conferencias, etc.). Es un dispositivo muy práctico ya que es sumamente portátil y de fácil lectura. En forma general, estos aparatos están compuestos por un micrófono, un atenuador, un amplificador o analizador, un calibrador, redes sopesadoras de frecuencias y un instrumento indicador o registrador. Por lo general, cuando se trata de medir el ruido que produce una maquina en una planta, y se coloca seguida de ésta una segunda maquina, el ruido no se duplicará, sino que la

escala de decibeles que reconocerá esta combinación se verá aumentada en un nivel de solo tres decibeles. Por ejemplo, si existen tres o más fuentes de ruido, y después se combinan y se manejan como una sola fuente, para luego combinarla con la tercera, y así sucesivamente, será posible obtener el dato total del sonido que generan. La siguiente tabla contiene una escala para combinar los decibeles de dos fuentes y llegar al nivel total de ruido (ver tabla XIII).

Tabla XIII. Escala para combinar decibeles cuando existen dos o más fuentes de ruido

Diferencia entre dos niveles de decibeles por sumar (dB)	Cantidad por agregar al nivel mayor para obtener la suma de decibeles (dB)
0	3.0
1	2.6
2	2.1
3	1.8
4	1.4
5	1.2
6	1.0
7	0.8
8	0.6
9	0.5
10	0.4
11	0.3
12	0.2

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 114

Cuando la diferencia exceda de 12, se agregará 0.2 decibels.

2.6.6 Normas de ruido de la OSHA

La administración para la seguridad y salud ocupacional –OSHA-, ha establecido un límite de exposición permisible (LEP), en un período permisible de tiempo (PPT) y un nivel de acción (NA) de la siguiente manera: LEP = 90 dBA, para un PPT = 8 horas. NA = 85 dBA, para un PPT = 8 horas. Los dBA se refieren a una escala en decibeles con una ponderación modificada (A) de acuerdo al intervalo de frecuencias sonoras audibles al ser humano.

Se ha comprobado que los trabajadores toleran sin daño, períodos cortos con ruidos mayores al PPT de ocho horas, así que la OSHA especifica un intervalo de niveles de exposición en decibeles para diversos tiempos de exposición. El margen del LEP de la OSHA para exposición de ruido aparece en la siguiente página (ver tabla XIV).

Tabla XIV. **Escala de decibeles para calcular el período permisible de tiempo de exposición**

Nivel sonoro (dBA)	Tiempo de duración de referencia (h)	Nivel sonoro (dBA)	Tiempo de duración de referencia (h)	Nivel sonoro (dBA)	Tiempo de duración de referencia (h)
80	32	97	3.0	114	0.29
81	27.9	98	2.6	115	0.25
82	24.3	99	2.3	116	0.22
83	21.1	100	2	117	0.19
84	18.4	101	1.7	118	0.16
85	16	102	1.5	119	0.14
86	13.9	103	1.4	120	0.125
87	12.1	104	1.3	121	0.110
88	10.6	105	1	122	0.095
89	9.2	106	0.87	123	0.082
90	8	107	0.76	124	0.072
91	7.0	108	0.66	125	0.063
92	6.2	109	0.57	126	0.054
93	5.3	110	0.50	127	0.047
94	4.6	111	0.44	128	0.041
95	4	112	0.38	129	0.036
96	3.5	113	0.33	130	0.031

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 114

2.6.7 Dosificación del ruido

Cuando se busca reducir o neutralizar las fuentes de ruido, es necesario antes buscar la forma de medir y dosificar dichas fuentes. Para poder

obtener este dato, se recomienda realizar el cálculo de la dosificación de ruido, para el cual se emplea la siguiente fórmula:

$$D = 100 * \sum \left(\frac{C}{T} \right) = 100 * \sum \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right)$$

Donde:

D = exposición total al ruido durante el turno (“dosis”) como % del LEP

C_i = tiempo de exposición al nivel de ruido i

T_i = tiempo de exposición máximo permisible en el nivel de ruido i (de la tabla)

n = cantidad de diferentes niveles de ruido observados

El resultado de ésta ecuación puede interpretarse de la siguiente manera: la dosificación del ruido D debe estar en un rango entre $0\% \leq D \leq 50\%$ para que sea considerado sin riesgo para la seguridad de los trabajadores en planta. Si éste excede del 100%, la exposición al ruido es superior a los límites de seguridad. Si D es menor que 100 %, el LEP no se excede, pero si D es mayor que el 50 %, el NA de 85 dBA (PPT de ocho horas) sí se excede.

2.6.8 Caso práctico

Una planta posee 5 máquinas distintas, de las cuales a continuación se detallarán sus características:

- Máquina A: máquina de descarga de envases de 2.30m x 2.80m y produce 85 dB;
- Máquina B: máquina lavadora de envases de 6.80m x 4.50m y 5.10m de alto, produce 70 dB;

- Máquina C: máquina de llenado es de 2.30m x 3m y produce 60 dB;
- Máquina D: máquina de sellado es de 2.55m x 3.15 m, produce 100 dB;
- Máquina E: máquina de apilado de envases llenos, ocupa 2.30m x 2.80 m y produce 60 dB.

Todas las máquinas operan en horario fijo de 8:00 a.m. a 5:00 p.m. Se solicita calcular el nivel de ruido combinado, así como también la dosificación de ruido.

Solución

Tabla XV. **Número de decibeles producidos por máquina para el caso práctico 2.6.8**

MAQUINA	RUIDO (dB)
A	85 dB
B	70 dB
C	60 dB
D	100 dB
E	60 dB

Fuente: elaboración propia

Cálculo del nivel combinado de ruido:

a) $(A, B) = A - B$

$(A, B) = 85 - 70 = 15 \text{ dB} \rightarrow$ De la tabla se obtiene 0.2 dB

$(A, B) = 85 + 0.2 = 85.2 \text{ dB}$

b) $(A, B, C) = 85.2 - 60 = 25.2 \text{ dB} \rightarrow$ De la tabla se obtiene 0.2 dB

$(A, B, C) = 85.2 + 0.2 = 85.4 \text{ dB}$

- c) $(A, B, C, D) = 100 - 85.4 = 14.6 \rightarrow$ De la tabla se obtiene 0.2 dB
 $(A, B, C, D) = 100 + 0.2 = 100.2$ dB
- d) $(A, B, C, D, E) = 100.2 - 60 = 40.2 \rightarrow$ De la tabla se obtiene 0.2 dB
 $(A, B, C, D, E) = 100.2 + 0.2 = 100.4$ dB

Los resultados de las diferencias se toman en base a la Tabla de Escalas para combinar decibeles.

Podemos decir que el nivel combinado de ruido de las 5 máquinas es de 100.4 dB. Se excede el LEP y se recomienda altamente a los trabajadores que utilicen equipo de protección.

Cálculo del nivel de dosificación de ruido:

Tabla XVI. Tabulación de la información necesaria para calcular el nivel de dosificación de las máquinas A, B, C, D y E; caso práctico 2.6.8

MAQUINA	RUIDO (dB)	Horario	Tiempo (horas)
A	85 dB	8:00 a.m. – 5:00 p.m.	9 horas
B	70 dB	8:00 a.m. – 5:00 p.m.	9 horas
C	60 dB	8:00 a.m. – 5:00 p.m.	9 horas
D	100 dB	8:00 a.m. – 5:00 p.m.	9 horas
E	60 dB	8:00 a.m. – 5:00 p.m.	9 horas

Fuente: elaboración propia

Calculando dosificación:

$$D = 100 * \left(\frac{9}{16} + \frac{9}{32} + \frac{9}{32} + \frac{9}{3.5} + \frac{9}{32} \right) = 397.77 \%$$

Ya que el nivel de dosificación excede al 100% (que es 397.77% en este caso), la exposición excede a los límites de seguridad. Se excede el LEP, ya que $D > 100\%$, se excede el NA (85 dB), por lo tanto es de prioridad que los empleados utilicen equipo de protección.

2.7 Práctica No. 7 Iluminación industrial

2.7.1 La iluminación

Es un hecho incontrovertible la importancia creciente que tiene una adecuada visión dentro del mundo en su conjunto (laboral, de investigación, de descanso, de recuperación de la salud, etc.). Como justificación de este hecho puede darse, por una parte, el que la automatización industrial supone la sustitución de muchos esfuerzos musculares por trabajos especializados en que la visual es fundamental.

A esta razón hay que añadir el hecho de que los procesos a realizar (industriales, de investigación, de requerimientos de cirugía y otros) suponen tareas visuales cada vez más difíciles y exigentes. Desde los primeros años del siglo XX se han realizado estudios e investigaciones para conocer la iluminación que debe proporcionarse en cada caso para satisfacer las exigencias de la tarea visual que en ella se realiza.

2.7.2 Conceptos clave

En lo referente a la iluminación industrial, existen algunos conceptos que son de suma importancia, para ello los describimos a continuación:

- Intensidad luminosa: un manantial de luz que irradia con determinada claridad, un flujo luminoso que al incidir sobre una superficie produce en ésta una cierta iluminación, a la que se conoce como intensidad de iluminación, y se mide en candela (Cd).
- Flujo luminoso: es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa. Su unidad es el lumen (lm).
- La Iluminación o luminancia (E): es la medida de la cantidad de luz incidente en un área dada. Su unidad en el Sistema Internacional es el Lumen/m² = Lux. En unidades americanas se tiene el Lumen/pie²=pie bujía. La equivalencia es: 1 pie bujía = 10.76 Lux.
- La iluminancia (Brillantez Fotométrica): es la intensidad luminosa de cualquier superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie vista desde esa dirección. Su unidad en el Sistema SI es Cd/m².
- La brillantez subjetiva: es el atributo subjetivo de cualquier sensación luminosa que da lugar a la escala completa de cualidades de ser reluciente, iluminado, brillante, empañado u oscuro.
- Absorción, reflexión y transmisión: son los procesos generales por los cuales un flujo luminoso incidente interacciona con un medio. La Absorción es el proceso por medio del cual el flujo incidente se disipa. La Reflexión es proceso por el cual el flujo incidente deja una superficie o medio por el mismo lado de incidencia. La reflexión puede ocurrir como en un espejo (reflexión espectacular), se reflejar en ángulos distintos al del flujo incidente con el plano de incidencia (reflexión difusa), ó puede ser una combinación de los dos tipos de reflexión.
- La transmisión: es el proceso por el cual el flujo incidente abandona una superficie o medio por un lado distinto al incidente. Si el rayo de luz se reduce solo en intensidad, la transmisión se llama regular. Si el rayo

emerge en todas direcciones, la transmisión se llama difusa. Ambos modos pueden existir combinados:

Flujo incidente = Flujo Absorbido + Flujo Reflejado + Flujo Transmitido

- Medidores de luz: son instrumentos de medición que sirven para medir la luminancia en Luxes.
- Fuentes luminosas: la original y mayor fuente de luz es el Sol. En seguida está el fuego de velas, aceite y lámparas de gas. Con el descubrimiento de la electricidad vinieron los diferentes tipos de lámparas que existen hoy en el mercado, a estas le llamaremos en adelante fuentes de luz artificial.

2.7.3 Tipos de lámparas

Las lámparas eléctricas son la fuente principal de luz artificial de uso común. Convierten la energía eléctrica en luz o energía radiante. Los tipos de lámparas más usados para la iluminación son:

- Lámparas incandescentes: contienen un filamento que se calienta por el paso de la corriente eléctrica a través de él. El filamento está encerrado en un bulbo de vidrio que tiene una base adecuada para conectar la lámpara a un receptáculo eléctrico (socket). Los tamaños y formas de los bulbos se designan por un código literal seguido de uno numérico; la letra indica la forma, y el número, el diámetro del tubo.
- Lámparas fluorescentes: constan de un tubo de vidrio con el interior cubierto con fósforo en polvo, que flourece cuando se excita con luz ultravioleta; los electrodos del filamento se montan en juntas de extremo conectadas a las clavijas de la base. El tubo se llena con un gas inerte

(como argón) y una gota de mercurio y se opera a una presión relativamente baja.

- Lámparas de vapor de mercurio: constan de tubos de cuarzo llenados con argón y mercurio, rodeados por una camisa de vidrio llena de nitrógeno.
- Lámparas de halogenuros metálicos (multivapor): usan pequeñas cantidades de yoduros de sodio, talio, escandio, disprosio e indio, además de la mezcla usual de argón y mercurio. Tanto como su economicidad y su color son excelentes.
- Lámparas de vapor de sodio de alta presión: usan sodio metálico en tubos translúcidos de óxido de aluminio. Se emplean en iluminación de carreteras, puentes, autopistas, en determinados trabajos industriales como imprentas, talleres, almacenes.
- Lámparas de vapor de sodio de baja presión: la luz se produce en gran cantidad por descarga en vapor de sodio a baja presión. Dada su deficiencia en la reproducción del color, generalmente solo se emplea cuando nos sea necesaria la reproducción cromática.

2.7.4 Puntos clave a tener en cuenta para una buena iluminación industrial

Al momento de instalar lámparas o cualquier dispositivo de iluminación, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Luz suficiente: es necesario tener niveles adecuados de luz, según la naturaleza de la tarea visual que se va a realizar.
- b) Iluminación uniforme: una iluminación general con un alto grado de uniformidad, garantiza total libertad a la hora de situar la maquinaria y los bancos de trabajo.

- c) Buena iluminación vertical: en ciertos trabajos la tarea visual está localizada en el plano vertical. Se puede recurrir a lámparas empotradas en el techo que ofrecen una distribución asimétrica de la luz.

- d) Fuentes de luz bien apantalladas: en alturas de montaje bajas es fundamental el uso de pantallas con rejillas que proporcionen el apantallamiento en la dirección crítica, y evitar el deslumbramiento.

Debe de obtenerse el mejor rendimiento y la máxima economía en toda instalación de iluminación, así como no debe olvidarse el efecto decorativo y funcional que conlleva.

2.7.5 Tipos de iluminación para interiores

Son las diversas formas en que se deben ubicar las fuentes luminosas para solucionar problemas visuales, los cuales deben estar en forma proporcional para satisfacer una adecuada operatividad visual a realizarse en determinado ambiente. Entre las más sobresalientes tenemos:

- Iluminación directa: es aquella en la cual la fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área de trabajo o el área a iluminarse.
- Iluminación semi-directa: es aquella en la cual la proyección del flujo luminoso que sale al área de trabajo proviene de la combinación de la luz directa de la fuente de luz natural y una parte del flujo luminoso que se refleja en las paredes, techos y mobiliario.
- Iluminación indirecta: en este tipo de iluminación, la fuente luminosa es dirigida hacia a una pared, techo o a un mobiliario, la cual o las cuales reflejan al flujo luminoso a la zona a iluminarse.

- Iluminación semi-indirecta: es aquella en la cual el manantial emite flujos luminosos, unos inciden en el techo o en otro tipo de superficie que los refleja hacia la zona de trabajo, otras traspasan directamente superficies opacas y se distribuyen en todas las direcciones y uniformemente en la zona de trabajo.
- Iluminación difusa: es aquella en la que la fuente luminosa emite rayos, los cuales son dirigidos directamente a una superficie opaca y al traspasarlas se reparten uniformemente en todas las direcciones del área de trabajo.

2.7.6 Diseño del alumbrado

El objetivo de un diseño de alumbrado es proporcionar iluminación suficiente para una tarea visual dada, sin producir malestar, y al mínimo costo posible. No es difícil obtener suficiente luz con las modernas fuentes luminosas, pero si se colocan y controlan en forma inadecuada, se obtendrán luz molesta y deslumbrante.

Al realizar los análisis de iluminación, es necesario aclarar que no es conveniente una iluminación escasa ni tampoco una iluminación intensa, porque en el primer caso se realizará mayor esfuerzo al órgano de la visión, y el segundo caso produce deslumbramiento en los objetos iluminados afectando también al órgano de la visión.

En la iluminación de interiores, se debe tener en cuenta: la reflexión que producirán las fuentes luminosas, las dimensiones que tendrá el ambiente o local a iluminar, los niveles y formas de iluminar a los objetos del local. La reflexión es uno de los factores determinados por un principio de la física que indica que en un rayo incidente es igual al rayo reflejado. Sin embargo en la iluminación de interiores, la reflexión es influenciada por el color y la rugosidad

de la superficie en la cual incidirán los rayos luminosos. Por ejemplo, el papel o cartón negro granulado reflejará solamente el 55% de la luz incidente; el papel blanco liso reflejará el 85 %.

Al iniciarse todo análisis en iluminación de interiores se deben tener en cuenta los siguientes puntos fundamentales:

- Formas o tipos de iluminación, número y ubicación de las lámparas a usar;
- Potencia y número de lámpara a usar;
- Ubicación y altura de suspensión de las lámparas.

2.7.7 Pasos a seguir en el diseño de un alumbrado

Para poder diseñar un buen sistema de iluminación, es aconsejable seguir estos pasos:

- a) Determinar el nivel requerido de iluminación en luxes dependiendo del ambiente a iluminar;
- b) Se selecciona el tipo de iluminación y el tipo de lámpara;
- c) Se determina el coeficiente de utilización (CU); que tiene en cuenta el hecho de que de la salida total en Lúmenes, únicamente una pequeña porción llega al lugar de trabajo. Este factor se ve afectado por características tales como la forma y dimensiones del cuarto, color de paredes y techo, tipo de unidad y reflector. La relación de local (RL) puede ser:
 - Directa, semi-directa y difusa

$$RL = \frac{Ancho * Largo}{Alto(Ancho + Largo)}$$

- Indirecta, semi-indirecta

$$RL\ 1 = \frac{3}{2} * RL$$

Con la relación de local se obtiene el índice de local (ver Tabla XVII).

Tabla XVII. Coeficientes para el cálculo del índice de local para determinar el coeficiente de utilización.

Índice del Local	Relación de Local
J	Menos de 0.7
I	0.7 – 0.9
H	0.9 – 1.12
G	1.12 – 1.38
F	1.38 – 1.75
E	1.75 – 2.25
D	2.25 – 2.75
C	2.75 – 3.50
B	3.50 – 4.50
A	Más de 4.50

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 94

Con el índice del local se busca en las tablas de luminarias del fabricante para obtener el coeficiente de utilización.

- d) Estimar el Factor de Depreciación (FC); ya que éste toma en cuenta la reducción en la eficiencia de la instalación, debido a características tales como acumulación de polvo en las pantallas y pérdidas de propiedades reflejantes de las paredes y el cielo debido a suciedad, etc.

- e) Cálculo del número de Lámparas (N)

$$N = \frac{E * \text{Área piso}}{FL * CU * FC}$$

Donde:

- E: Iluminación en Luxes
- FL: Flujo luminoso en lúmenes por lámpara
- CU: Coeficiente de utilización
- FC: Factor de depreciación

Se presentan a continuación algunos rangos sugeridos para el nivel de iluminación E en Luxes (ver Tabla XVIII).

Tabla XVIII. Rangos medidos en Luxes para el cálculo de iluminación dependiendo el tipo de actividad que se realiza

Rango (Luxes)	Lugar ó tipo de actividad
20-30-50	Áreas públicas, alrededores oscuros
50-75-100	Áreas de orientación, corta permanencia
100-150-200	Trabajos ocasionales simples
200-300-500	Trabajos de gran contraste o tamaño. Lectura de originales y fotocopias buenas. Trabajo sencillo de inspección o de banco.
500-750-1000	Trabajos de poco contraste o muy pequeño en tamaño tal como ensamblaje difícil, etc.
2,000-3,000-5,000	Tareas repetitivas, durante períodos prolongados, trabajo muy difícil de ensamblaje, inspección o de banco.
5,000-7,500-10,000	Trabajos muy exigentes y prolongados.
10,000-15,000-20,000	Trabajos muy especiales como salas de cirugía.

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 95

2.7.8 Caso práctico

Se desea calcular la iluminación media sobre el piso de un cuarto que mide 12 metros de longitud por 7.5 metros de ancho, iluminado por 10 lámparas de 200 watt cada una y con una eficiencia de 13.3 Lumen/watt. Se sabe que de las tablas proporcionadas por el fabricante el coeficiente de utilización es de 0.3, además se considera un factor de depreciación de 1.

Solución

N = 10 lámparas → 200 watt/lámpara Eficiencia = 13.3 Lumen/watt

Largo = 12 metros Ancho = 7.5 metros

Factor de depreciación FC = 1

Coeficiente de utilización CU = 0.3

Con estos datos podemos calcular el flujo luminoso por lámpara de la siguiente manera:

$$FL = 200 \text{ watt} * 13.3 \frac{\text{Lúmen}}{\text{watt}} = 2,660 \text{ Lúmenes}$$

Entonces, podemos partir de la ecuación:

$$N = \frac{E * \text{Área piso}}{FL * CU * FC}$$

Para despejar E, que representa la iluminación media debemos realizar la siguiente operatoria:

$$10 = \frac{E * (12 * 7.5)}{2,660 * 0.3 * 1}$$

De donde:

$$E = 88.67 \text{ Luxes}$$






Por lo tanto, la iluminación media E para este cuarto es de 88.67 Luxes.

2.8 Práctica No. 8 Planeación de Procesos

2.8.1 Definición de diagrama de proceso

Un diagrama de proceso es una representación gráfica la cual muestra los pasos o secuencia de actividades que se siguen dentro un procedimiento, identificándolos por medio de símbolos de acuerdo a su naturaleza. Este diagrama incluye toda la información que se considera necesaria para realizar el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada de materia y tiempo requerido, todo ello con la finalidad de descubrir y eliminar ineficiencias. Es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante cualquier proceso dado, estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes (ver tabla XIX).

Tabla XIX. **Descripción de los distintos símbolos utilizados para la elaboración de los diagramas de proceso**

Símbolo	Ítem	Función
	Operación	Se usa para indicar una operación, se utiliza para referirse a cualquier acción tendiente a aumentar el valor de las materias primas.
	Inspección	Se usa para examinar o comprobar la calidad del trabajo.
	Demora	Este símbolo indica que se están esperando materias primas ó demora en el desarrollo de la producción.
	Traslado	Indica transporte o movimiento de las materias de una estación a otra.
	Almacenaje	El triángulo derecho indica almacenamiento del producto terminado materia prima, mientras que el triángulo invertido indica almacenamiento de materia prima.

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 118




2.8.2 Diagrama de operaciones del proceso (DOP)

Este tipo de diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, límites de tiempos y materiales que se emplean en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. Este diagrama también señala la entrada de todos los componentes y subcomponentes o subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. El diagrama de operaciones debe contener en su inicio un encabezado que contenga la siguiente información:

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO	
Empresa:	Hoja # de #
Departamento:	Fecha:
Analizado por:	Método:
Inicio:	Finaliza

Los símbolos utilizados en el Diagrama de Operaciones son los siguientes (ver tabla XX).

Tabla XX. **Descripción de los símbolos utilizados para elaborar un diagrama de operaciones**

	Operación: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento; por lo común, la pieza, material o producto del caso que se modifica o cambia durante la operación.
	Inspección: Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas.
	Combinación: Indica el momento en el que se lleva a cabo una operación que a la vez está siendo inspeccionada.

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 118

2.8.3 Diagrama de flujo de proceso (DFP)

Este diagrama es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera esencial para el análisis, por ejemplo el tiempo necesario y la distancia recorrida. Proporciona una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso, ayuda a mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales. También sirve para disminuir las esperas, así como también para

comparar métodos, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio detallado.






Este diagrama entonces contiene más detalles que el DOP. Por medio de este diagrama podemos determinar los costos ocultos, distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales, los cuales al ser analizados pueden ayudar al mejoramiento del proceso productivo en proceso.

El encabezado que utiliza es el mismo que el Diagrama de Operaciones del Proceso:

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO	
Empresa:	Hoja # de #
Departamento:	Fecha:
Analizado por:	Método:
Inicio:	Finaliza

Los símbolos que utiliza también son los mismos que en el DOP, pero además contiene los siguientes (ver tabla XXI).

Tabla XXI. **Descripción de los símbolos que se emplean para elaborar un diagrama de flujo del proceso**

	<p>Transporte: Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro. Se considera transporte cuando la distancia recorrida es mayor o igual a 1.5 metros.</p>
	<p>Demora: Indica a un período de tiempo en el que se registra una inactividad ya sea en los trabajadores, materiales, equipo, puede ser evitable o también inevitable.</p>
	<p>Almacenamiento: Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.</p>
	<p>Líneas Verticales: Para indicar el flujo del proceso.</p>
	<p>Líneas horizontales: Para indicar la introducción o salida de materiales o materia prima, ya sea por compra, por trabajo hecho en otra operación.</p>

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 118

2.8.4 Diagrama de recorrido de proceso (DRP)

Se utiliza como un complemento del Diagrama de Flujo, especialmente cuando en el proceso interviene un espacio considerable. El Diagrama de Recorrido muestra todas las actividades que aparecen en el Diagrama de Flujo, muestra en planta el recorrido del proceso. Esta información, distribución en planta y las actividades del Diagrama de Flujo, sirven de guía para realizar un método mejorado, por ejemplo, revisiones del equipo de planta, acortar

distancias, áreas para almacenamientos temporales, bodegas de producto terminado, de materia prima para la redistribución de la planta, etc.

En el Diagrama de Recorrido, cada actividad se localiza e identifica por símbolos y números correspondientes a los que se encuentran en el Diagrama de Flujo.

2.8.5 Caso práctico

La empresa “El Santo”, que se dedica a la fabricación de puertas de madera; contrató a un ingeniero Industrial para que realice un estudio de las actividades que conlleva el estilo de puerta tipo colonial, y las operaciones son las siguientes:

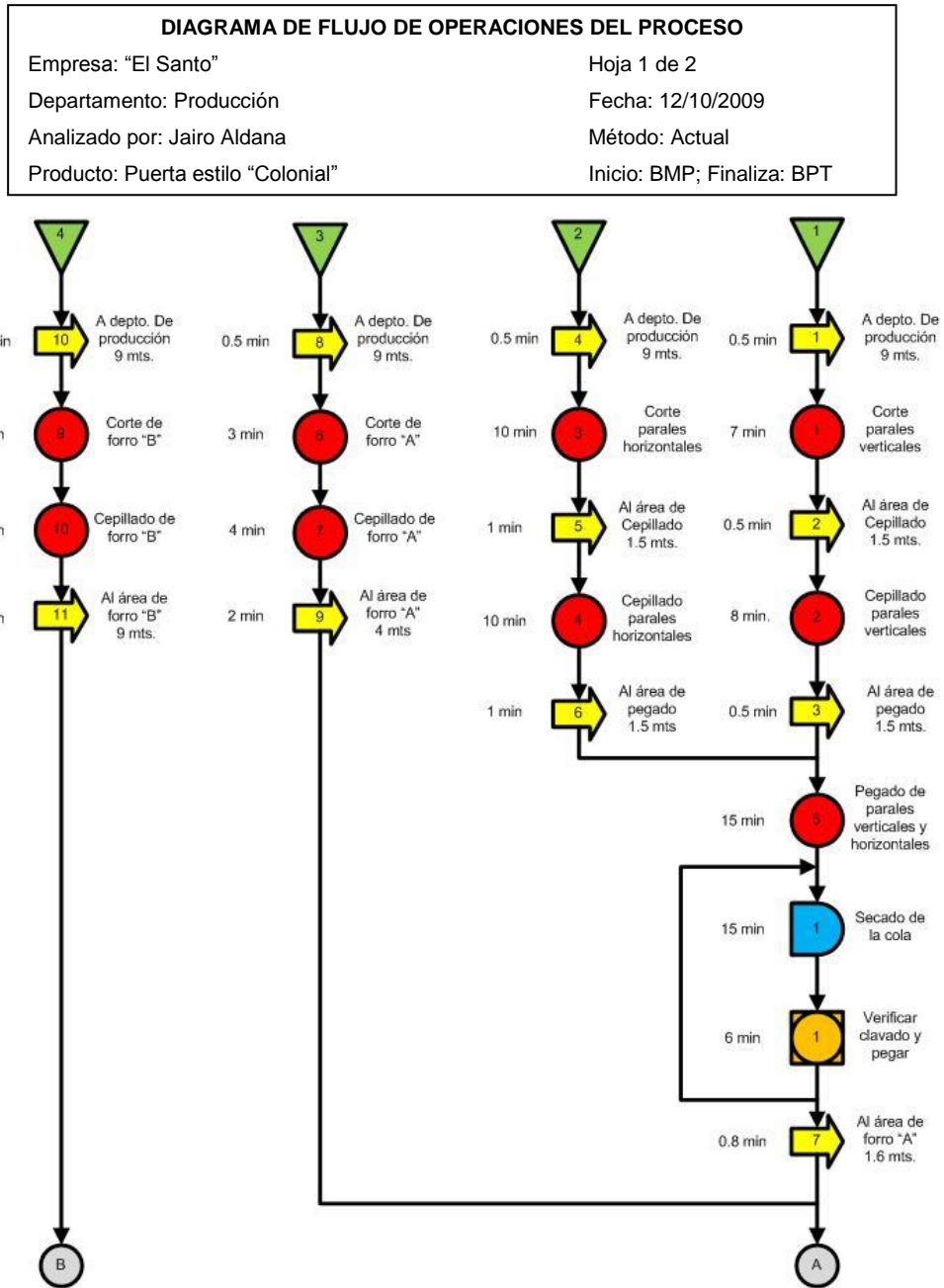
Los materiales para la elaboración de una puerta son enviados de bodega hacia el departamento de producción (9 mts., 0.5 min.), un operario corta los parales verticales (7 min.), se traslada hacia cepillado (1 mts., 0.5 min.) donde se cepillan los pareles verticales (8 min.) y se envían al área de pegado (1.5 mts. 0.5 min.). Al mismo tiempo que se envían los parales verticales, se preparan los horizontales donde otro operario los corta (10 min.), luego son enviados a cepillado (1.5 mts. 1 min.) donde son cepillados (10 min), después son enviados hacia el área de pegado (1.5 mts. 1 min.) donde se procede a pegar los parales verticales con los horizontales (15 min.), se espera que se seque la cola (15 min), luego se verifican si están bien pegados los parales para luego proceder a clavar; de lo contrario se regresan al área de pegado (6 min.), después se envía al área de forro “A” (1.6 mts. 0.8 min.). Mientras se cepillan los parales verticales se envía a bodega el forro “A”, el cual se procede a cortar (5 min.), luego se cepilla (4 min.), para poderlo enviar hacia el área de forro “A” (4 mts. 2 min), se pegan los parales con el forro “A” (7 min.) y se seca (15 min.),

luego se verifica que esté bien pegado para proceder a clavar (6 min.), luego se envía al área de forro "B". Mientras que se está cortando el forro "A", es enviado de bodega el forro "B", el cual se procede a cortar (5 min.), luego se cepilla (4 min.) para después enviarlo hacia el pegado con parales (9 mts. 4 min.), se pegan los parales con el forro "B" (7 min.), luego se seca (15 min.), luego se envían a una mesa donde se espera que se acumulen 5 puertas (5 min.), para después proceder a revisar que esté bien pegado para poder clavar los parales con el forro "B" (6 min.), luego se cepillan los extremos (10 min.), se rectifican las medidas (5 min.) para finalmente enviarla hacia la bodega de producto terminado (1.5 mts. 0.5 min).

Se solicita entonces que realice los diagramas de flujo, operaciones y recorrido del proceso.

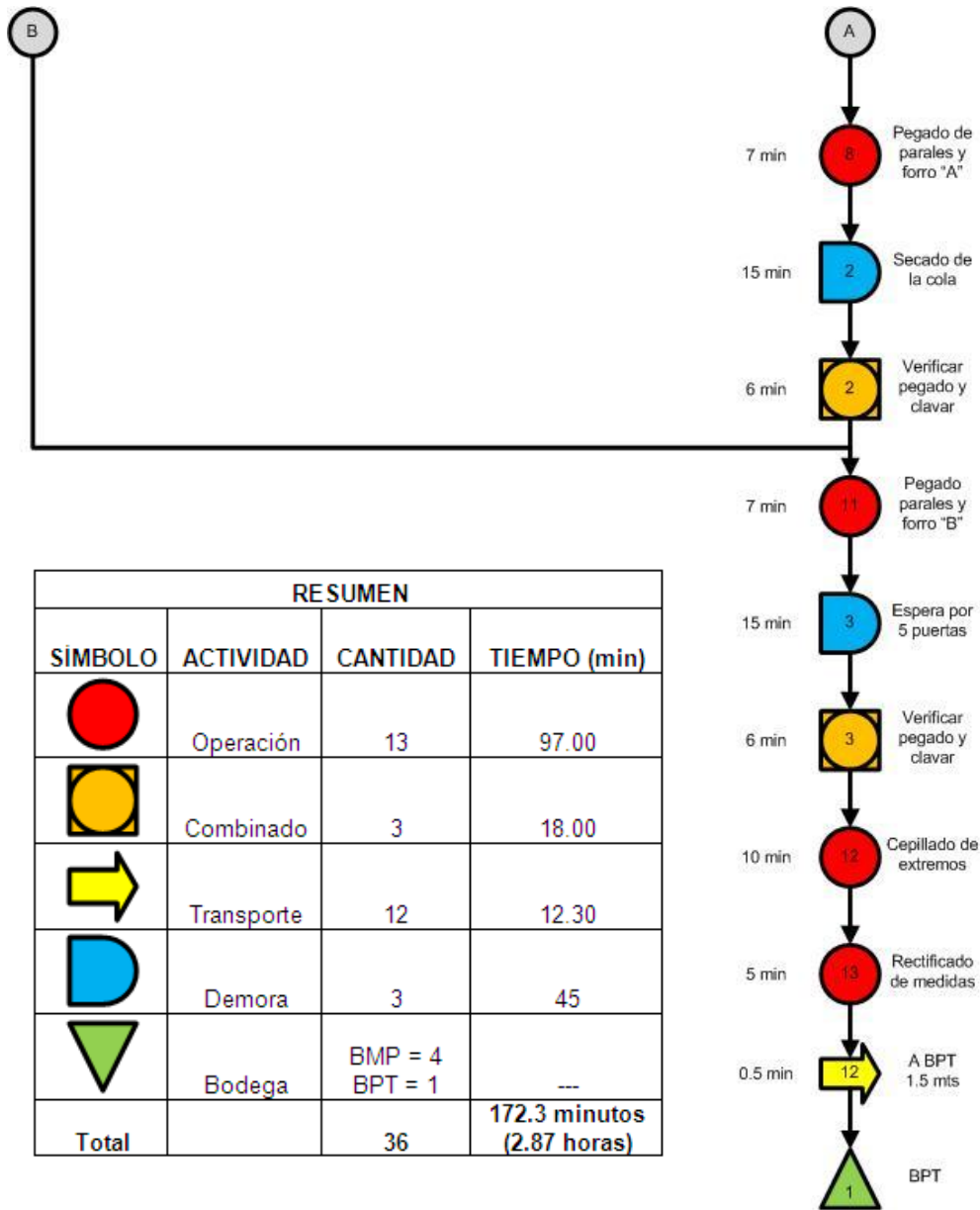
Solución

Figura 14. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 2.8.5



Continuación figura 14

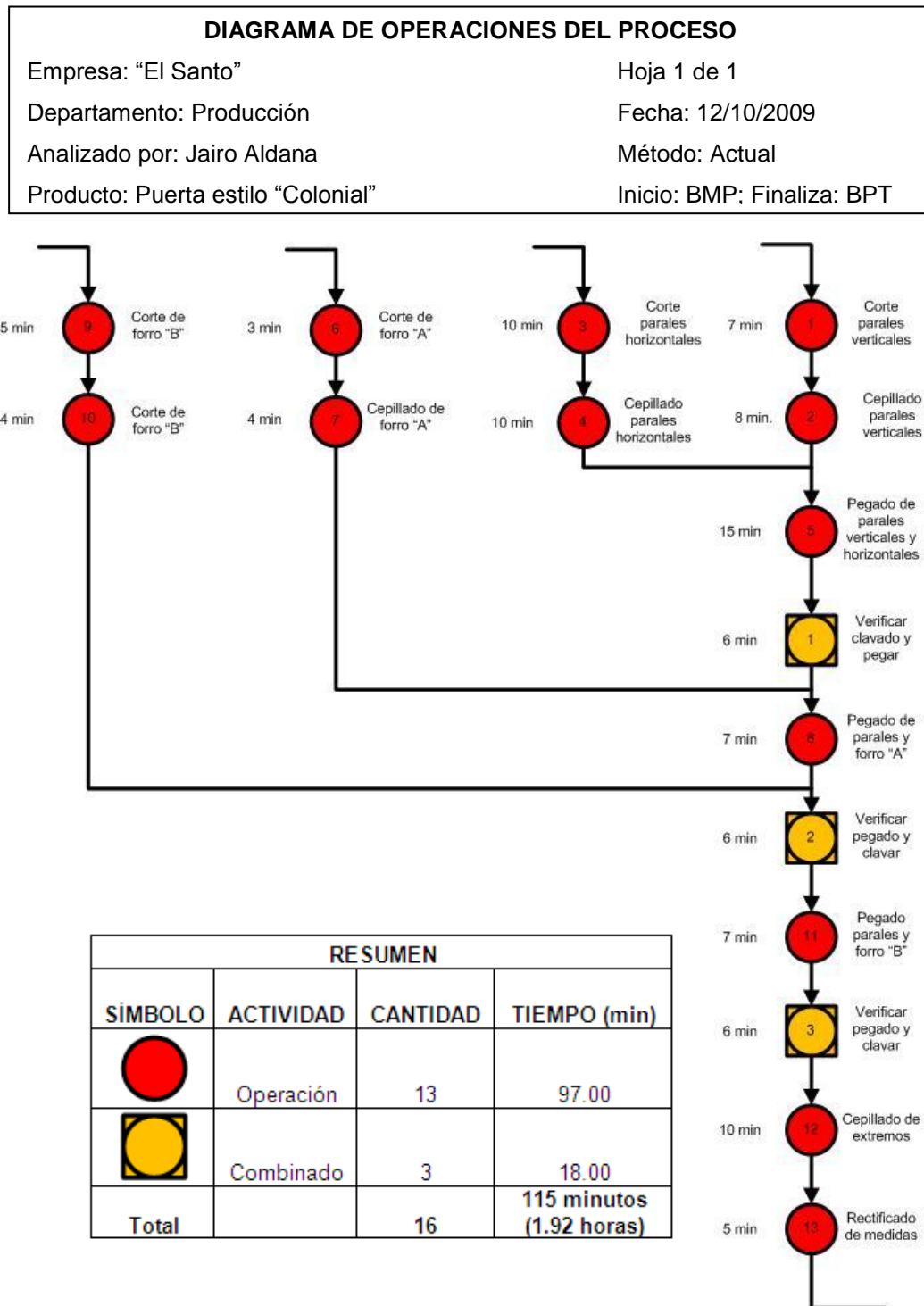
DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO	
Empresa: "El Santo"	Hoja 2 de 2
Departamento: Producción	Fecha: 12/10/2009
Analizado por: Jairo Aldana	Método: Actual
Producto: Puerta estilo "Colonial"	Inicio: BMP; Finaliza: BPT



RESUMEN			
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)
	Operación	13	97.00
	Combinado	3	18.00
	Transporte	12	12.30
	Demora	3	45
	Bodega	BMP = 4 BPT = 1	---
Total		36	172.3 minutos (2.87 horas)

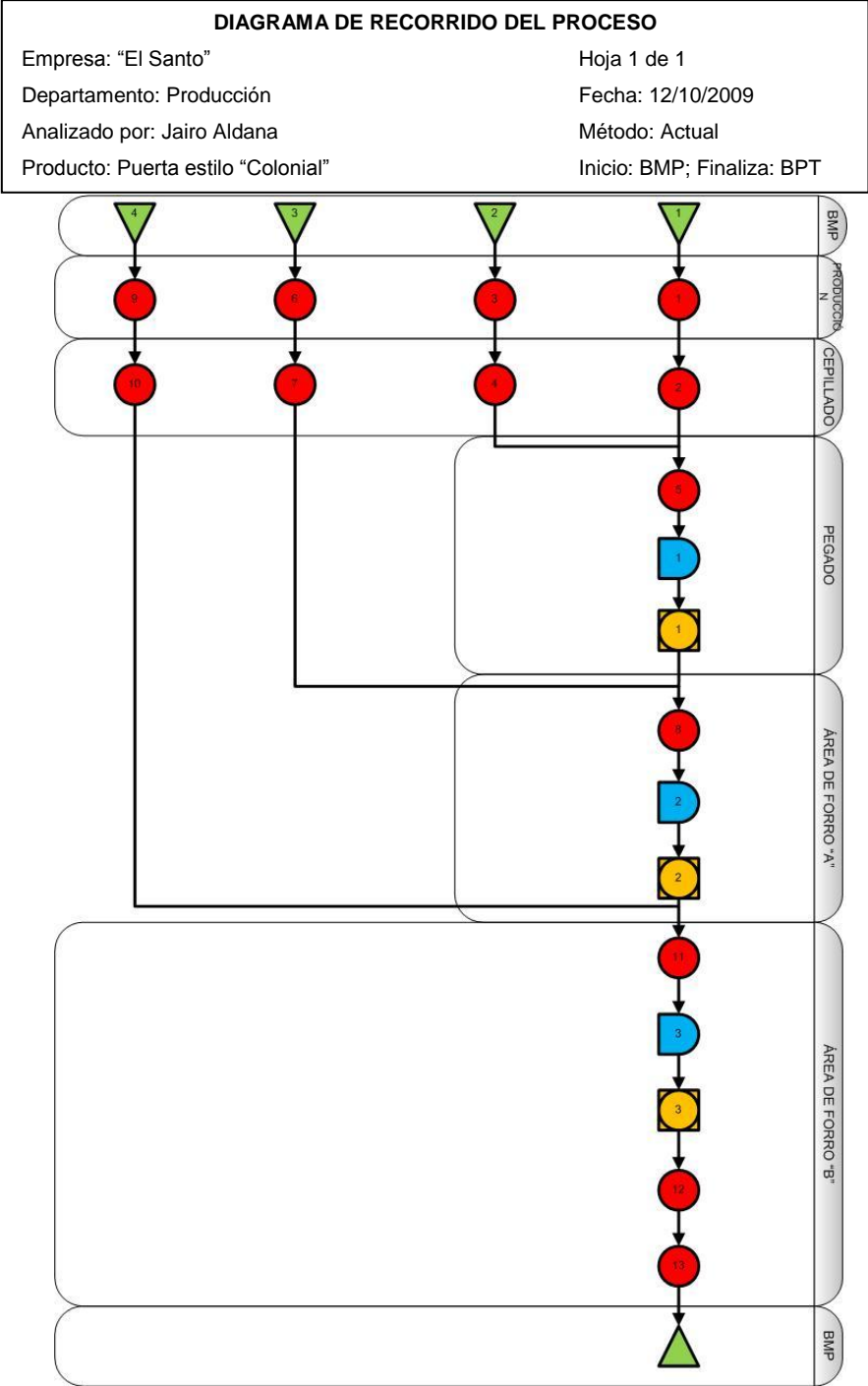
Fuente: elaboración propia

Figura 15. Diagrama de operaciones del proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 2.8.5



Fuente: elaboración propia

Figura 16. Diagrama de recorrido del proceso para la elaboración de una puerta tipo “colonial”; caso práctico 2.8.5



Fuente: elaboración propia

2.9 Práctica No. 9 Distribución de maquinaria

2.9.1 Distribución en planta

Es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller.

Por medio de la distribución en planta se consigue el mejor funcionamiento de las instalaciones. Se aplica a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de medios físicos en un espacio determinado, ya esté prefijado o no. Su utilidad se extiende tanto a procesos industriales como de servicios. La distribución en planta es un fundamento de la industria, determina la eficiencia y en algunas ocasiones la supervivencia de una empresa. Contribuye a la reducción del coste de fabricación. Las ventajas de una buena distribución en planta se traducen en la reducción del costo de fabricación, como resultado de los siguientes puntos:

- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores;
- Elevación de la moral y la satisfacción del obrero;
- Incremento de la producción;
- Disminución de los retrasos en la producción;
- Ahorro del área ocupada;
- Reducción del manejo de materiales;
- Mayor utilización de la maquinaria, de la mano de obra y de los servicios;

- Reducción del material en proceso;
- Disminución del tiempo de fabricación;
- Reducción del trabajo administrativo, del trabajo indirecto en general;
- Logro de una supervisión más fácil y mejor;
- Disminución de la congestión y confusión;
- Disminución del riesgo para el material o su calidad;
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.

2.9.2 Objetivos de la distribución de planta

Los objetivos básicos que ha de conseguir una buena distribución en planta son:

a) Unidad

Alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva, para que se fusione como una unidad de objetivos.

b) Circulación mínima

Procurar que los recorridos efectuados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre departamentos sean óptimos lo cual requiere economía de movimientos, de equipos y de espacio.

c) Seguridad

Garantizar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, consiguiéndose así una disminución en el índice de accidentes y una mejora en el ambiente de trabajo.

d) Flexibilidad

La distribución en planta necesitará, con mayor o menor frecuencia adaptarse a los cambios en las circunstancias bajo las que se realizan las operaciones, las que hace aconsejable la adopción de distribuciones flexibles.

2.9.3 Redistribución

Para llevar a cabo una distribución en planta, ha de tenerse en cuenta cuáles son los objetivos estratégicos y tácticos que habrá de apoyar y los posibles conflictos que puedan surgir entre ellos. La mayoría de las distribuciones quedan diseñadas eficientemente para las condiciones de partida, pero a medida que la organización crece, ésta debe adaptarse a cambios internos y externos lo que hace que la distribución inicial se vuelva menos adecuada hasta que llega el momento en que la redistribución se hace necesaria.

Los motivos que hacen necesaria la redistribución se deben a tres tipos de cambios:

- Volumen de la producción;
- Tecnología en los procesos;
- El producto.

La frecuencia de la redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso, puede ser periódicamente, continuamente o con una periodicidad no concreta. Los síntomas que ponen de manifiesto la necesidad de recurrir a la redistribución de una planta productiva son:

- Congestión y deficiencia en la utilización del espacio;
- Acumulación excesiva de materiales en proceso;
- Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo;
- Simultaneidad de cuellos de botella y ociosidad en centros de trabajo;
- Trabajadores calificados realizando demasiadas operaciones poco complejas;
- Ansiedad y malestar de la mano de obra;
- Accidentes laborales;
- Dificultad de control de las operaciones y del personal.

2.9.4 Principios de la distribución en planta

Estos son algunos de los principios que rigen una buena distribución en planta:

- a) Principio de la integración de conjunto: la mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el mejor compromiso entre todas estas partes involucradas.
- b) Principio de la mínima distancia recorrida: a igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer entre operaciones sea la más corta.
- c) Principio de la circulación o flujo de materiales: en igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales.

- d) Principio del espacio cúbico: la economía de movimientos se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal.
- e) Principio de la satisfacción y de la seguridad: a igualdad de condiciones será siempre más efectiva, la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.
- f) Principio de la flexibilidad: se considera efectiva aquella distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

También pueden surgir ciertas dificultades a la hora de realizar una distribución en planta, éstas pueden ser de distintas clases como por ejemplo:

- ✓ Proyecto de una planta completamente nueva;
- ✓ Expansión o traslado de una planta ya existente;
- ✓ Reordenación de una distribución ya existente;
- ✓ Ajustes menores en distribuciones ya existentes.

2.9.5 Tipos de distribución en planta

Aunque pueden existir otros criterios, es evidente que la forma de organización del proceso productivo resulta determinante para la elección del tipo de distribución en planta. Suelen identificarse tres formas básicas de Distribución en Planta:

- a. Las orientadas al producto y asociadas a configuraciones continuas o repetitivas;
- b. Las orientadas al proceso y asociadas a configuraciones por lotes;

- c. Las distribuciones por posición fija, correspondiente a las configuraciones por proyecto.

Sin embargo, a menudo, las características del proceso hacen conveniente la utilización de distribuciones combinadas, llamadas *distribuciones híbridas*, siendo la más común aquella que mezcla las características de las distribuciones por producto y por proceso, llamada “Distribución en Planta por células de fabricación”.

2.9.6 Distribución en planta por producto (producción en línea o en cadena)

Las distribuciones en planta por producto son aquellas que se adoptan cuando la producción está organizada, de forma continua (refinerías, centrales eléctricas, etc.), ó bien de forma repetitiva (electrodomésticos, cadenas de lavado de vehículos, etc.). Si se considera en exclusiva la secuencia de operaciones, la distribución es relativamente sencilla, pues se trata de colocar cada operación tan cerca como sea posible de su predecesora. Las máquinas se sitúan unas junto a otras a lo largo de una línea en la secuencia en que cada una de ellas ha de ser utilizada; el producto sobre el que se trabaja recorre la línea de producción de una estación a otra a medida que sufre las operaciones necesarias.

Entre las ventajas que ofrece el emplear este tipo de distribución tenemos:

- Estandarización del producto;
- Alto volumen de producción;
- Tasa de producción constante;

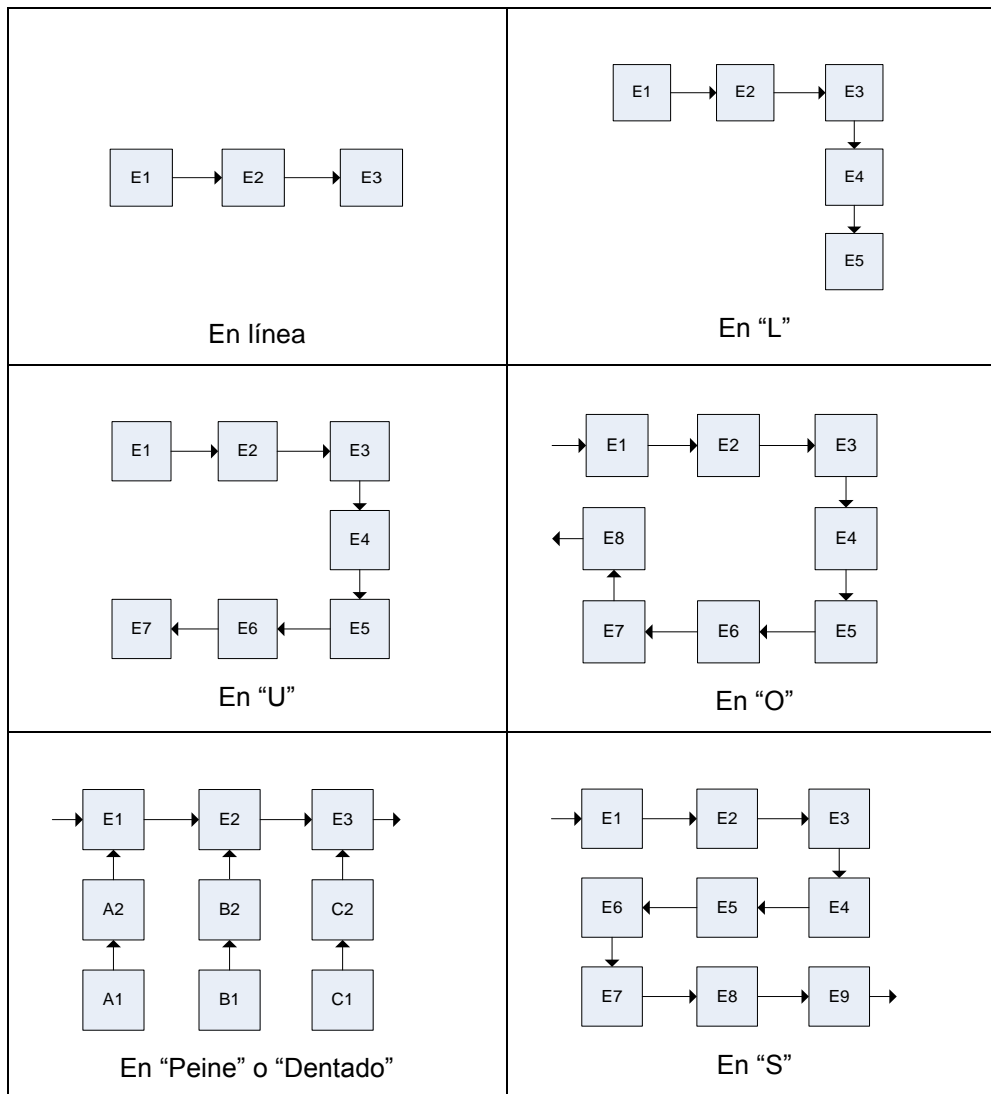
- Cadena continua de producción;
- Mano de obra especializada y capaz de realizar tareas rutinarias y repetitivas;
- Buena utilización del espacio disponible;
- Alto inventario de productos terminados;
- Bajo costo unitario por mano de obra y materiales.

Pero también tiene algunas desventajas, entre las cuales podemos mencionar:

- Numeroso personal auxiliar en supervisión, control y mantenimiento;
- Elevada inversión en procesos y equipos altamente especializados;
- Costos fijos relativamente altos.

Estas son algunas formas de distribución en línea (ver figura 17 en la página siguiente).

Figura 17. **Distintos tipos de distribución en planta para producción en línea o en cadena**



Fuente: elaboración propia

Estas son algunas de las ventajas de la distribución en planta por producto:

- Manejo de materiales reducido;

- Escasa existencia de trabajos en curso;
- Mínimos tiempos de fabricación;
- Simplificación de sistemas de planificación y control de la producción ;
- Simplificación de tareas.

Pero también tiene algunos inconvenientes, tales como:

- Ausencia de flexibilidad en el proceso;
- Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación;
- Inversión muy elevada;
- El conjunto depende de cada una de las partes;
- Trabajos muy monótonos.

2.9.7 Distribución en planta por proceso

Se adopta cuando la producción se organiza por lotes (muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias, etc.). El personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área, de ahí que estas distribuciones también sean denominadas por funciones. Algunas de sus ventajas son: flexibilidad en el proceso vía versatilidad de equipos y personal calificado, menores inversiones en equipo, mayor fiabilidad y la diversidad de tareas asignadas a los trabajadores reduce la insatisfacción y desmotivación de la mano de obra.

Por otro lado, los inconvenientes que presenta este tipo de distribución son: baja eficiencia en el manejo de materiales, elevados tiempos de ejecución, dificultad de planificar y controlar la producción, costo por unidad de producto más elevado y baja productividad. El proceso de análisis se compone, en general, de tres fases: recolección de información, desarrollo de un plan de

bloque y diseño detallado de la distribución. La recolección de información consiste básicamente en conocer los requerimientos de espacio de cada área de trabajo y el espacio disponible, para lo cual bastará con identificar la superficie total de la planta y así poder visualizar la disponibilidad para cada sección.

El desarrollo de un plan de bloque se refiere a que una vez determinado el tamaño de las secciones habrá que proceder a su ordenación dentro de la estructura existente o a determinar la forma deseada que dará lugar a la construcción de la planta que haya de englobarlas, teniendo en cuenta criterios cuantitativos o cualitativos. Por último, la distribución detallada se basa en la ordenación de los equipos y máquinas dentro de cada departamento, obteniéndose una distribución detallada de las instalaciones y todos sus elementos.

2.9.8 Distribuciones híbridas ó células de trabajo

En el contexto de la distribución en planta, la célula puede definirse como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones. Este tipo de distribución permite el mejoramiento de las relaciones humanas y de las pericias de los trabajadores. También disminuye el material en proceso, los tiempos de fabricación y de preparación, facilitando a su vez la supervisión y el control visual.

Sin embargo, este tipo de distribución potencia el incremento de los tiempos inactivos de las máquinas, debido a que éstas se encuentran dedicadas a la célula y difícilmente son utilizadas de manera ininterrumpida.

Para llevar a cabo el proceso de formación de células se deben seguir tres pasos fundamentales:

- a. Seleccionar las familias de productos;
- b. Determinar las células, y por último;
- c. Detallar la ordenación de las células.

2.9.9 Distribución en planta por posición fija

Este tipo de distribución es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida. Esta situación ocasiona que el material base o principal componente del producto final permanezca inmóvil en una posición determinada, de forma que los elementos que sufren los desplazamientos son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales que no son necesarios en la elaboración del producto, como lo son los clientes. Todo lo anterior ocasiona que el resultado de la distribución se limite, en la mayoría de los casos, a la colocación de los diversos materiales y equipos alrededor de la ubicación del proyecto y a la programación de las actividades.

Al momento de llevar a cabo una distribución, se debe reservar espacio físico para poder brindar a la maquinaria los servicios que esta requiere, tales como, el servicio de mantenimiento y el de distribución de líneas de servicio. Permitiéndose de esta manera que el personal de mantenimiento tenga un fácil y rápido acceso a los equipos y que los servicios de los que precisan las máquinas para cumplir con sus requerimientos puedan ser suministrados de la mejor manera posible.

El mantenimiento requiere un espacio adicional, es decir, necesita de espacio de acceso a las máquinas, motores, bombas y todo el equipo restante de proceso y servicio.

Toda distribución operante debe tener en cuenta los hombres y elementos destinados a lubricar, reparar y ocasionalmente reemplazar equipos, maquinarias e instalaciones. Por lo tanto, el distribuidor deberá prever accesos para las operaciones de mantenimiento y reparación que se encuentren cerca de las máquinas.

Para la aplicación práctica de la distribución en planta para talleres de manufactura, es aconsejable tener en cuenta las sugerencias que a continuación se presentan:

- ✓ Ordenar las máquinas y puestos de trabajo para aproximarse lo máximo posible a las distribuciones que se encuentran en los grandes talleres industriales, con el fin de que tal organización permita y facilite una posible expansión;
- ✓ Ordenar las máquinas y en especial las más utilizadas con vistas al máximo aprovechamiento de la luz natural;
- ✓ Ordenar las máquinas de trabajo pesado en un área cercana al acceso del material con el cual trabajarán y de una manera en que se facilite que éstas sean atendidas por una grúa;
- ✓ Ordenar todas las máquinas de forma que exista suficiente superficie de suelo, para el operario y para el mantenimiento;
- ✓ Junto a cada máquina deberá existir una mesa auxiliar preparada para guardar los accesorios y las herramientas de la misma;
- ✓ Todas las máquinas deberán ser niveladas y fijadas al suelo;

- ✓ Los interruptores de control de las máquinas deberán situarse allí donde exista menos peligro de confusión;
- ✓ El panel de control principal que desconecta toda la energía eléctrica, deberá ser accesible fácilmente y estar señalizado de modo sencillo y comprensible, ya que su accionamiento debe ser comprendido por todos los operarios.

La mayoría de los conceptos y técnicas pueden aplicarse tanto a empresas de manufactura como de servicios. Sin embargo difieren en algunas características:

- Las empresas de servicios cuentan con un trato más directo con el cliente, esto hace que con frecuencia el énfasis de la distribución se ponga en la satisfacción y comodidad del cliente que en el desarrollo de las operaciones del proceso;
- Al ser el cliente el que con su presencia regula el flujo de trabajo, no puede hacerse una previsión de la carga de trabajo y una programación de actividades exacta;
- El análisis de la capacidad y la distribución son llevados a cabo simultáneamente, estudiando los recorridos y esperas que han de sufrir los clientes, para ello puede emplearse la “Teoría de Colas” .

2.9.10 Caso práctico

En un taller industrial se han incrementado los costos de manejo de materiales debido a la distribución de maquinaria actual. El jefe de taller le encomienda a usted la responsabilidad de hacer una redistribución óptima con

el cálculo del costo de la eficiencia de la nueva distribución. Luego de una semana de estudiar la distribución actual, se obtuvieron los siguientes datos para los productos A, B, C y D.

- Departamentos: BMP, P (perfilado), F (forjado), T (troquelado), I (inspección), A (acabados), E (empaquete), BPT;
- Costo de manejo de materiales por departamento: Q 0.75;
- Área total disponible: 30 x 50 m. (no puede modificarse o ampliarse).























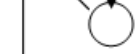









Se solicita entonces que se realice una distribución de planta orientada al proceso por medio del modelo carga-distancia.

Solución

Paso 1: Diagrama multiproducto

En el siguiente diagrama (ver tabla XXII), llamada "Diagrama multiproducto", se resumen los diagramas del proceso de cada producto, así como sus volúmenes de producción; esta información es proporcionada por el jefe de taller (dato del problema).

Tabla XXII. Diagrama de flujo de operaciones para el caso práctico 2.9.10

Producto Depto.	A (20)	B (15)	C (25)	D (10)	Área disp.
BMP					15x15
P					10x15
F					20x10
T					15x25
I					10x15
A					10x10
E					10x15
BPT					15x10

Fuente: elaboración propia

Paso 2: Matriz de origen a destino

Esta matriz contiene el flujo de cada producto que se traslada entre los departamentos, utilizando el diagrama multiproducto (ver tabla XXIII).

Tabla XXIII. **Flujo de producto trasladado entre los distintos departamentos; caso práctico 2.9.10**

Hacia De	P	F	T	I	A	E	BPT
BMP	A+B+C+D						
P		A+B+D	C				
F			A	A+B+C+D			
T		A+C					
I					A+C+D	A+B+C	
A				A+C		D	
E							A+B+C+D

Fuente: elaboración propia

Paso 3: Matriz de volumen de producción

Contiene la suma de volúmenes de cada producto que se traslada entre departamentos, utilizando el diagrama multiproducto (ver tabla XXIV).

Tabla XXIV. **Volumen producto trasladado entre los distintos departamentos; caso práctico 2.9.10**

Hacia De	P	F	T	I	A	E	BPT
BMP	A+B+C+D 70						
P		A+B+D 45	C 25				
F			A 20	A+B+C+D 70			
T		A+C 45					
I					A+C+D 55	A+B+C 60	
A				A+C 45		D 10	
E							A+B+C+D 70

Fuente: elaboración propia

Paso 4: Cálculo del centro de distribución

Utilizando la matriz de volumen de producción, se buscan los totales en cada departamento, sumando las entradas (verticalmente) y las salidas (horizontalmente), formando pares ordenados (entradas, salidas). El par ordenado que al sumar sus coordenadas dé un valor mayor que los demás, será el centro de distribución.

Tabla XXV. **Sumatoria de las entradas y salidas del volumen de producción; caso práctico 2.9.10**

Hacia De	P	F	T	I	A	E	BPT
BMP	A+B+C+D 70						
P		A+B+D 45	C 25				
F			A 20	A+B+C+D 70			
T		A+C 45					
I					A+C+D 55	A+B+C 60	
A				A+C 45		D 10	
E							A+B+C+D 70
	(1, 2) 3	(2, 2) 4	(2, 1) 3	(2, 2) 4	(1, 2) 3	(2, 1) 3	(1, 0) 1

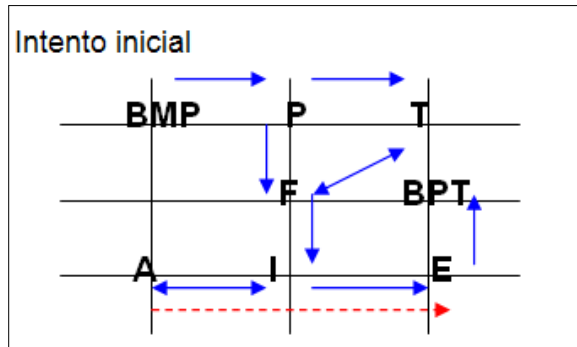
Fuente: elaboración propia

El centro de distribución en este caso puede ser F ó I, tomamos como centro de distribución el área F.

Paso 5: Diagrama de cargas

Sobre una cuadrícula simple se coloca el área F como centro de referencia y se van colocando al tanteo los otros departamentos y se dibujan flechas para indicar el flujo entre ellos (ver figura 18). Se logrará la distribución más eficiente cuando no existan, en lo posible, dobles distancias y cruces.

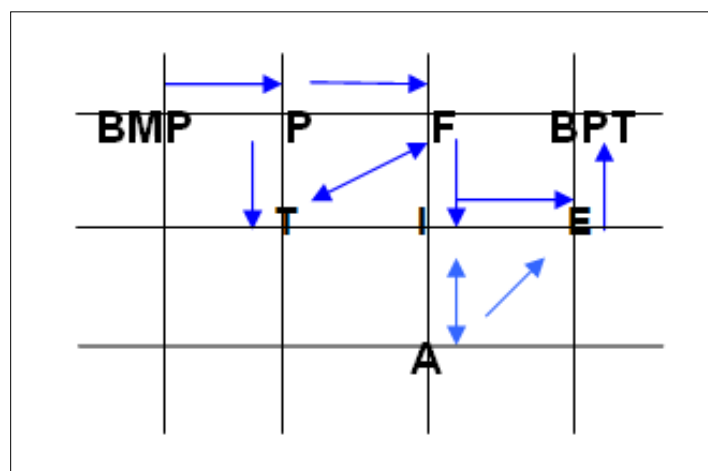
Figura 18. Diagrama de cargas para el caso práctico 2.9.10



Fuente: elaboración propia

Esta distribución no es óptima porque existe una doble distancia desde A hacia E. Luego de algunos intentos se logra la distribución óptima, pueden haber varias soluciones óptimas (ver figura 19).

Figura 19. Distribución óptima de cargas para el caso práctico 2.9.10



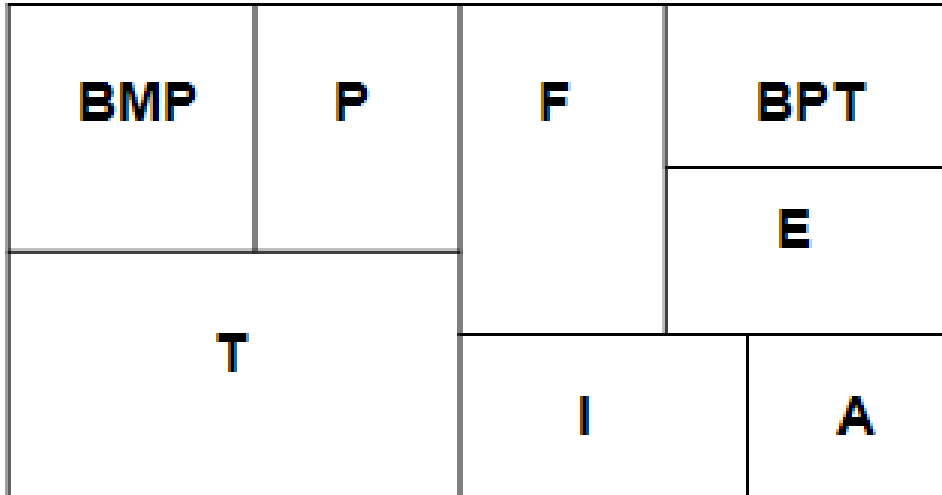
Fuente: elaboración propia

En algunos casos suelen quedar transportes que son de dos o más bloques, si ese el caso y no puede evitarse ya habiendo realizado varios intentos, deberá incluirse el que menor distancia contenga.

Paso 6: Distribución por bloques

Sabemos de antemano que contamos con un terreno que tiene 30 metros de ancho por 50 metros de largo (ver figura 20).

Figura 20. **Diagrama que muestra la distribución de los departamentos para el caso práctico 2.9.10**



Fuente: elaboración propia

Paso 7: Eficiencia de la distribución

Esta tabla contiene las distancias recorridas de un departamento a otro y la cantidad de producto que es transportada.

Tabla XXVI. **Distancias recorridas entre departamentos; caso práctico**
2.9.10

De / hacia	Distancia	Cantidad	Distancia por Cantidad
BMP - P	1	70	70
P - T	1	25	25
P - F	1	45	45
F - T	1	20	20
F - I	1	70	70
T - F	1	45	45
I - E	1	60	60
I - A	1	55	55
A - I	1	45	45
A - E	1	20	20
E - BPT	1	70	70
			$\Sigma = 515$

Fuente: elaboración propia

Paso 8: Costo de la distribución

Como el problema nos indica que el costo de trasladar material de un departamento a otro es de Q. 0.75, tenemos el siguiente costo total:

$$\text{Costo Total} = 515 * Q0.75 = Q. 386.25$$

Por lo tanto, el costo de transportar los materiales de un departamento a otro implementando la nueva distribución asciende a Q. 386.25.

2.10 Práctica No. 10 Estudio de impacto ambiental

2.10.1 Estudio de impacto ambiental

Un estudio de impacto ambiental ó EIA puede definirse como un conjunto de técnicas que tienen por objetivo fundamental buscar un manejo adecuado de las actividades humanas de forma que sea posible armonizar un sistema de vida en conjunto con la naturaleza.

La gestión de impacto ambiental pretende reducir al mínimo nuestras intrusiones en los diversos ecosistemas, elevando al máximo las posibilidades de supervivencia de todas las especies de vida; ya que la pérdida de cualquier tipo de especie viviente significa un desbalance ecológico.

La gestión ambiental conlleva la interrelación de distintas ciencias, debiendo existir una disciplina que ayude a poder abordar las distintas problemáticas; ya que como se mencionó, la gestión ambiental tiene relación con diferentes ciencias tales como: en el ámbito social (economía, sociología, geografía, etc.), en el ámbito de las ciencias naturales (geología, biología, química, etc.), así como también con la gestión de empresas (management).

También, es necesario indicar que la gestión del medio ambiente puede ser aplicada como una herramienta doble en:

- a) Un área preventiva: las evaluaciones de Impacto Ambiental constituyen una herramienta eficaz para evitar posibles desastres.

- b) Un área correctiva: las auditorías ambientales conforman la metodología, análisis y acciones para solucionar problemas existentes.

2.10.2 Entidades involucradas en un estudio de impacto ambiental

El Estudio de Impacto Ambiental generalmente es llevado a cabo por comisiones, consejos o juntas. Los estudios se evalúan con criterios usados para proyectos mayores, es decir, que estos deben asegurar que sean completos, adecuados y minuciosos.

Varios gobiernos cuentan con comisiones formadas por voluntarios también llamadas “comisiones ambientales”, ó “comisiones de conservación”; las cuales actúan como examinadores independientes para el gobierno local, informando, brindando comentarios y conclusiones para la toma de decisiones en los Estudios de Impacto Ambiental que realicen.

Otros gobiernos también emplean personal o planificadores que se encargan de presentar exámenes completos y minuciosos durante las distintas etapas de un proyecto. La mayoría de los gobiernos organizan audiencias públicas que necesitan aprobación, ya que en dichas audiencias, las personas que preparan el EIA para el proyecto pueden ofrecer testimonios así como pedir a los ciudadanos sus comentarios. Así mismo, la negociación jugará entonces un papel más importante a nivel local en el diseño de final de un proyecto porque los fines de la comunidad se expresan durante el proceso de audiencias.

2.10.3 Metodología y contenido de un EIA

A continuación se mostrarán los pasos a seguir para implementar un Estudio de Impacto Ambiental para una organización cualquiera.

- a) Autoevaluación inicial de estudio de impacto ambiental.
- b) Autoevaluación de su capacidad de gestión, fortalezas y oportunidades. Lo cual permitirá saber en la posición en que se encuentra la empresa para desarrollar un Sistema de Estudio de Impacto Ambiental (EIA), o bien, verificar el grado de avance si ya se encuentra en etapas muy desarrolladas.
- c) Compromiso y política. Definición de la Política Ambiental y aseguramiento del compromiso con su EIA. En este punto están contenidas todas las características de la Política Ambiental.
- d) Revisión ambiental inicial. Esta revisión es el punto de referencia del EIA, por cuanto, otorga información sobre emisiones, desechos, problemas ambientales potenciales, asuntos de salud, sistemas de gestión existentes, leyes y regulaciones relevantes. Sus resultados servirán de base para el desarrollo o la evaluación de la Política Ambiental de la empresa.

2.10.4 Etapas de la revisión del EIA

Las etapas que contiene la revisión son las siguientes:

- Planificación
 - Selección del equipo;

- Preparación;
- Realización de la revisión, es decir, balance de masas, documentación sobre la administración, inspección del lugar y entrevistas;
- Información de los resultados.
- Alcance
 - Identificación de requerimientos legales;
 - Identificación de aspectos ambientales, impactos y riesgos significativos;
 - Evaluación del comportamiento relacionado con criterios internos, normas externas, regulaciones, códigos de práctica y conjunto de principios;
 - Existencia de prácticas y procedimientos relacionados con adquisiciones y la contratación;
 - Aprovechamiento a partir de las investigaciones de casos de incumplimientos anteriores;
 - Oportunidades para la ventaja competitiva;
 - Identificación de puntos de vistas de partes interesadas;
 - Funciones o actividades de otros sistemas u organizaciones que pueden permitir o impedir su comportamiento ambiental.
- Metodología
 - Listas de chequeo;
 - Cuestionarios;
 - Entrevistas;
 - Inspección y medición directa;
 - Revisión de informes.

2.10.5 Etapas de la política ambiental

La política ambiental se desarrolla teniendo en cuenta los hallazgos de la revisión inicial, los valores y las exigencias de la empresa, su relación con el personal y con instituciones externas e información relevante y adicional. Las etapas y consideraciones a tomar en cuenta se describen a continuación:

- Etapa
 - Desarrollo de la Política;
 - Dar a conocer la Política;
 - Implementar la Política;
 - Revisión y mejoramiento de la Política.
- Consideraciones
 - Misión, visión, valores y convicciones centrales de la organización;
 - Requisitos de información entre partes interesadas;
 - Mejoramiento continuo;
 - Prevención de la contaminación;
 - Principios rectores;
 - Integración de sistemas de gestión;
 - Condiciones específicas locales;
 - Cumplimiento de legislación;

2.10.6 Planificación de la política para el EIA

La organización deberá formular un plan para cumplir su Política Ambiental. Para ello se requiere de:

- Identificación y registro de los aspectos ambientales y evaluación de los impactos ambientales: se entenderá por “aspecto ambiental” cualquier

elemento de las actividades, productos y servicios de una organización que puedan interactuar con el medio ambiente, por ejemplo, descarga de aguas de desperdicio. Por otro lado, “impacto ambiental” es cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o benéfico, total o parcialmente resultante de las actividades, productos o servicios de una organización.

- Requisitos legales y otros requisitos: la organización debe establecer un listado de todas las leyes y reglamentos pertinentes, los cuales deben contar con la debida difusión dentro de la empresa.
- Criterio de comportamiento interno: cuando las normas externas no existan o no satisfagan a la organización, ésta deberá desarrollar criterios de comportamiento interno que ayuden al establecimiento de objetivos y metas.
- Establecer objetivos y metas ambientales: estos objetivos son las metas globales para el comportamiento ambiental identificadas en la política ambiental. Las metas deben ser específicas y medibles.
- Desarrollo de un programa de gestión ambiental: se debe establecer un programa dirigido a la totalidad de los objetivos ambientales. Además, para lograr una mayor efectividad, la planificación de la gestión ambiental debiera integrarse al plan estratégico organizacional, es decir, un programa contiene:
 - a) Una estructura administrativa, responsabilidades, organización y autoridad;
 - b) Procesos de controles ambientales del negocio.
- Recursos (personas y sus habilidades, recursos financieros, herramientas): procesos para establecer objetivos y metas para alcanzar políticas ambientales; procedimientos y controles operativos; capacitación; sistema de medición y auditoría; revisión administrativa y panorama general.

2.10.7 Implementación

La organización debe desarrollar capacidades y apoyar los mecanismos para lograr la política, objetivos y metas ambientales, para ello, es necesario enfocar al personal, sus sistemas, su estrategia, sus recursos y su estructura.

Por lo tanto, se debe insertar la gestión ambiental en la estructura organizacional, y además, dicha gestión debe someterse a la jerarquía que la estructura de la organización establece. En consecuencia, se hace imprescindible contar con un programa de capacitación dirigido a todos los niveles de la empresa.

2.10.8 Aseguramiento de las capacidades

Se debe disponer de recursos humanos, físicos y financieros que permitan la implementación, es decir, incorporar los elementos del EIA en los elementos del sistema de gestión existente. Deben asignarse responsabilidades por la efectividad global del EIA a una o varias personas de alto rango. La alta gerencia debe motivar y crear conciencia en los empleados.

Se debe impartir educación ambiental permanentemente e incorporar criterios ambientales en la selección de personal. Además, el personal debe conocer los requisitos reglamentarios, normas internas, así como las políticas y objetivos de la organización.

2.10.9 Acción de apoyo

Se deben establecer procesos para informar interna y externamente las actividades ambientales, más aún, los resultados de monitoreos, auditorías y

revisiones deben comunicarse a los responsables ambientales. Debe documentarse apropiadamente realizando un sumario de documentos, procesos y procedimientos operacionales actualizándose cuando sea necesario.

Se deben establecer y mantener procedimientos y controles operacionales. Deben establecerse planes y procedimientos de emergencia ambientales para asegurar la existencia de una respuesta adecuada ante incidentes inesperados o accidentes.

2.10.10 Medición y evaluación

Una organización debe medir, monitorear y evaluar su comportamiento ambiental, puesto que así se asegura que la organización actúa en conformidad con el programa de gestión ambiental. Por lo tanto, se debe medir y monitorear el comportamiento ambiental para compararlo con los objetivos y metas ambientales.

Una vez documentados los resultados del punto anterior, se deben identificar las acciones correctivas y preventivas que correspondan, y será la gerencia quien deba asegurar la implementación de estas acciones.

Se debe contar con un sistema de información y documentación apropiado, es decir, deben crearse registros del EIA (que puedan expresarse o no en un manual) , que cubran: requisitos legales, permisos, aspectos ambientales e impactos, actividades de capacitación, actividades de inspección, calibración y mantenimiento, datos de monitoreo, detalles de no conformidades (incidentes, reclamos) y seguimiento, identificación del producto: composición y

datos de la propiedad, información sobre proveedores y contratistas, y por último, auditorías y revisiones de la gerencia.

Se deben efectuar auditorías periódicas del desempeño ambiental de la empresa, con el objeto de determinar cómo está funcionando el Sistema de Gestión Ambiental –SGA- y si se requieren modificaciones. Las auditorías pueden ser efectuadas por el personal interno o externo, quienes deben elaborar un informe de auditoría del EIA. Este último punto tiene algunos procedimientos y criterios que nos permitirán visualizar con más profundidad la puesta en marcha de una Auditoría al SGA.

- a) Criterios de una auditoría del EIA. Al ejecutarse una auditoría deben tenerse presente las siguientes preguntas :
 - ¿Está completo el EIA?;
 - ¿Se trata de un EIA adecuado a las actividades involucradas?;
 - ¿Se ha implementado bien el EIA?;
 - ¿Es adecuado para cumplir con las políticas y los objetivos ambientales de la organización?;
- b) Procedimiento de auditoría.
 - Preparación de auditoría: Definición del alcance de los objetivos y recursos de la auditoría, revisión preliminar de documentos, plan de auditoría, asignación de equipo de auditoría y documentos de trabajo;
 - Ejecución de auditoría: Reunión inicial, recolección de datos y pruebas, hallazgos de la auditoría y reunión de clausura;
 - Informe de Auditoría: Preparación del informe, presentación informe, distribución del informe y retención de documentos;
 - Aplicación de acciones, seguimiento.

2.10.11 Revisión y mejoramiento

Junto a la política ambiental, ésta instancia es muy importante, puesto que, al revisar y mejorar continuamente el EIA se mantiene un nivel óptimo respecto al comportamiento ambiental global. En este sentido, esta instancia comprende tres etapas:

- a. Revisión
- b. Mejoramiento
- c. Comunicación

La revisión del EIA permite evaluar su funcionamiento y visualizar si en el futuro seguirá siendo satisfactorio y adecuado ante los cambios internos y/o externos. Por tanto, la revisión debe incluir:

- Revisión de objetivos y metas ambientales así como del comportamiento ambiental;
- Resultados de la auditoría del EIA;
- Evaluación de efectividad;
- Evaluación de la política ambiental, es decir, identificación de la legislación ambiental, expectativas y requisitos cambiantes en partes interesadas, cambios en productos o actividades, avances en ciencias y tecnología, lecciones de incidentes ambientales, referencias del mercado enfermes y comunicación.

El mejoramiento continuo es aquel proceso que evalúa continuamente el comportamiento ambiental, por medio de sus políticas, objetivos y metas ambientales. Por lo tanto debe:

- Identificar áreas de oportunidades para el mejoramiento del EIA conducentes a mejorar el comportamiento ambiental;
- Determinar la causa o las causas que originan las no conformidades o deficiencias;
- Desarrollar e implementar planes de acciones correctivas para tratar causas que originan problemas;
- Verificar la efectividad de las acciones correctivas y preventivas;
- Documentar cualquier cambio en los procedimientos como resultado del mejoramiento del proceso;
- Hacer comparaciones con objetivos y metas.

La comunicación externa adquiere relevancia, dado que es conveniente informar a las partes interesadas los logros ambientales obtenidos. De esta forma se demuestra el compromiso con el medio ambiente, lo cual, genera confianza en los accionistas, en los bancos, los vecinos, el gobierno, las organizaciones ambientalistas y los consumidores. Este informe debe incluir la descripción de las actividades en las instalaciones, tales como procesos, productos, desechos, etc.

Como se observa, hemos descrito toda la gama de herramientas, funciones y mecanismos que le permiten a una empresa u organización quedar registrada o certificada bajo ISO 14001, que se constituye en la norma que permite la certificación del Sistema de Gestión Ambiental (EIA) de una organización.

2.10.12 Caso práctico

A continuación se muestran todos los pasos y aspectos a tomar encuentra para la implementación de un EIA.

Solución

a. Etapa Inicial

El primer elemento que define cómo ha de ser la estructura general de un estudio de impacto ambiental (EIA, en adelante) es el objetivo de dicha EIA. Los objetivos fundamentales de cualquier EIA son:

- Describir y analizar el proyecto (tanto en sus contenidos como en su objetivo), dado que se trata de la perturbación que generará el impacto;
- Definir y valorar el medio sobre el que va a tener efectos el proyecto, dado que el objetivo de una Evaluación del Impacto Ambiental consiste en minimizar y/o anular las posibles consecuencias ambientales de los proyectos;
- Prever los efectos ambientales generados y evaluarlos para poder juzgar la idoneidad de la obra, así como permitir, o no, su realización en las mejores condiciones posibles de sostenibilidad ambiental;
- Determinar medidas minimizadoras, correctoras y compensatorias.

b. Estructura de operación

A la hora de llevar a cabo un EIA habremos de dar los siguientes pasos:

- Decisión de realizar el EIA. Se trata de "descubrir" la necesidad (en general) de realizar una EIA para nuestro proyecto. En esta decisión intervienen los siguientes factores (situados de mayor a menor importancia porcentual en la decisión de los agentes que intervienen a la hora de realizar la EIA):

- La legislación vigente sobre este tema verificar donde figuran los listados de actividades obligatoriamente sometidas a EIA, así como otras de las que se recomienda su inclusión en dicho procedimiento. El hecho de que una actividad no figure en uno de estos listados no implica que no se pueda hacer una EIA de la misma.
- Exigencia de una administración. Las Administraciones públicas a la hora de realizar un concurso para un proyecto propio suelen incluir una serie de requisitos que se han de cumplir en todo caso, sea cual sea la propuesta, teniendo en cuenta la EIA en determinados casos. Esto obliga al promotor a realizar la EIA, independientemente de la legislación.
- Planificación dentro de otra legislación sectorial. En los instrumentos de planificación de cierta legislación (Ordenación del Territorio, Conservación de Especies, etc.) se exige la realización de EIA como un instrumento más de planificación.
- Realización voluntaria. A veces el propio promotor del proyecto, previendo una serie de conflictos sociales relacionados con su proyecto, decide realizar un EIA.
- Integración en el proyecto. Integración de Sistemas de Gestión Ambiental dentro de la empresa y dentro de cada proyecto; exigencias de la empresa a sus empresas subcontratadas; propia conciencia ambiental de la empresa con respecto de las consecuencias de sus proyectos sobre el Medio Ambiente (MA, en adelante).
- Reunión del grupo de trabajo multidisciplinar que va a afrontar el EIA
El coordinador ha de ser capaz de definir la tipología de actividades a analizar, el ámbito territorial (escala del análisis, delimitación territorial, etc.), y enfoque del EIA, así como de coordinar a todos los elementos

humanos que participen en el mismo para lograr los objetivos de éste (para más información acerca del coordinador-jefe de proyecto, ver "la muy importante contribución" del "muy importante jefe de proyectos" en la "muy importante asignatura de Organización y Gestión de Proyectos").

- Estructura metodológica de un EIA.

Una vez tomada la decisión de realizar el proyecto se pasa a la fase de recogida de información acerca del proyecto y del medio afectado (encontrar factores a analizar y definir el ámbito de trabajo con precisión). Posteriormente se procede a la valoración del inventario realizado y al cruce de impactos con elementos del MA implicados (matrices). Si se trata de un proyecto en el que existen alternativas, este sería el momento de la elección de la mejor de las alternativas (o de desestimar el proyecto por sus altos impactos). Si no existen alternativas tendremos que ponderar los impactos dentro de la alternativa que se nos plantea. El paso siguiente consiste en establecer medidas correctoras (en este proceso hay que tener siempre en cuenta el Principio de Precaución, es decir, siempre es mejor no causar el impacto y no tener que corregirlo, que causarlo y tener que invertir en medidas correctoras). La siguiente fase consiste en un Plan de seguimiento de las medidas correctoras y de potenciales nuevos impactos que pudieran surgir (desviaciones de nuestros análisis), así como una evaluación de los impactos residuales (tras la realización de la obra) y establecimiento de medidas correctoras para dichos impactos (aquí ya no cabe prevención, la cual tendría que haber estado determinada en el EIA anterior, que para eso sirve). También habría que seguir con detenimiento la fase de abandono y recuperación del proyecto (de la obra). Por último, es posible que surgiera la necesidad de la realización de estudios complementarios a raíz de la vigilancia

establecida o con el objeto de elaborar un buen seguimiento del proyecto. La fase de recolección de información consta de los siguientes aspectos a contestar:

- ✓ Análisis proyecto;
 - ✓ Análisis de variables;
 - ✓ Identificación de acciones;
 - ✓ Identificación de elementos del proyecto susceptibles del medio susceptibles de de producir impactos;
 - ✓ Inventario del medio;
 - ✓ Valoración del inventario;
 - ✓ Identificación y predicción de impactos;
 - ✓ ¿Existen alternativas? Sí/No;
 - ✓ Ponderación de impactos;
 - ✓ Medidas correctoras y valoración;
 - ✓ Selección alternativa Impactos residuales;
 - ✓ Plan seguimiento.
- Contenido de un EIA
- El contenido mínimo de un EIA se contempla en la legislación vigente. Es por esto que podríamos definir un índice tipo para cualquier EIA, el cual podría constar de las siguientes partes:
- Descripción del proyecto
 - Definición del ámbito del estudio
 - Inventario y Valoración Ambiental, así como síntesis (matriz de cruce)
 - Previsión de Impactos
 - Evaluación de Impactos
 - Comparación de Alternativas
 - Medidas Correctoras
 - Impactos Residuales

- Programa de Vigilancia y Control
- Memoria de Síntesis (Resumen)

c. Descripción del proyecto

El proyecto es fundamental como fuente de datos para el EIA, debido a que en el mismo se contemplan todas las partes de la obra, y por tanto nos permite tener una idea clara de cada potencial impacto sobre el MA de ésta.

- En primer lugar habremos de revisar los objetivos y justificación del proyecto. Los objetivos tendrán que ser evaluados tanto desde el punto de vista económico como social. La justificación hace referencia a la verdadera necesidad del proyecto, así como a su posible superposición con otras iniciativas y su eficiencia y eficacia desde el punto de vista del cumplimiento de sus objetivos.
- Otro aspecto importante serán los componentes del proyecto a tener en consideración:
 - Las actividades del proyecto y sus posibles alternativas
- Las acciones del proyecto a analizar se pueden plasmar en un árbol de acciones con tres niveles (fase de proyecto, elementos que identifiquen partes homogéneas del proyecto, acciones concretas). Dicho árbol de acciones puede basarse en:
 - Cuestionarios generales o específicos para diversos tipos de proyectos;
 - Consulta a paneles de expertos;
 - Entrevista en profundidad;
 - Matrices genéricas preexistentes de relación causa-efecto (ver Matrices de Leopold);
 - Grafos genéricos de relaciones causa-efecto;

- Modelos genéricos de flujo;
- Escenarios comparados. Análisis empírico de situaciones donde el proyecto ha sido ejecutado.
- Las acciones habrán de ser:
 - Concretas;
 - Relevantes (han de ajustarse a la realidad del proyecto y ser capaces de desencadenar efectos notables);
 - Excluyentes/independientes (para evitar solapamientos que puedan dar lugar a duplicaciones en la contabilidad de los impactos);
 - Identificables (susceptibles de una definición nítida y fácil sobre planos o diagramas de proceso);
 - Cuantificables en la medida de lo posible.
- Además, en su descripción habrá de tenerse en cuenta:
 - Magnitud;
 - Localización;
 - Flujos asociados;
 - Momento del proyecto en que se produce;
 - Duración de la actividad.
- Las posibles alternativas pueden plantearse en cuanto a la localización del proyecto, el proceso tecnológico, el programa o calendario de desarrollo, las posibilidades de ampliación, limitación y/o abandono, así como las limitaciones del proyecto para introducir medidas correctoras. En todo caso siempre existe la posibilidad de "no realización" del proyecto.
- Los flujos de entrada-salida asociados a cada una de las actividades del proyecto, no quedándonos sólo en aquellos impactos que van a tener lugar directamente sobre la zona de estudio, sino también cuantificando aquellos que van asociados intrínsecamente a la actividad que se va a desarrollar (bloques diagrama de entrada-salida).

- También hay que definir claramente la localización y ocupación espacial del proyecto y de los impactos, teniendo en cuenta que cada actividad producirá unos efectos determinados propios.
- Importante será tener claras las partes de nuestro proyecto y el programa de desarrollo del mismo (diseño, obra, explotación y abandono), así como los elementos físicos que lo forman.
- No hay que olvidar los posibles factores de riesgo que afecten tanto al proyecto como a las posibles medidas correctoras (riesgos geológicos, riesgos de seguridad, etc.).

d. Definición del ámbito

En cuanto al término ámbito hay que recurrir a la legislación vigente, donde se define el ámbito de actuación como el de la "cuenca afectada", término no precisado, pero del cual se puede concluir que se establece un ámbito mayor que el área afectada directamente por el proyecto, aunque sea tan solo por analogía con el término cuenca hidrológica (que hace referencia a todos los puntos que vierten hacia un mismo río).

Es importante también diferenciar entre el ámbito físico y biológico y el ámbito socio-económico, puesto que las variables físicas podremos tomarlas a nuestra conveniencia si no existen datos previos, pero las variables socio-económicas son tomadas con una serie de criterios administrativos muy definidos que no siempre pueden coincidir con el ámbito de nuestro estudio. Por otro lado, también habremos de tener en consideración las diferentes escalas del trabajo intentando estandarizar las variables que tomemos para nuestro ámbito de estudio. Es por ello que debemos tener en cuenta las escalas geográficas, de precisión, temporales (sobre todo teniendo en cuenta las diferencias entre la escala temporal del

proyecto y la escala temporal de sucesión de hechos en la naturaleza), etc. En general, los criterios para la identificación espacial y temporal del ámbito de un EIA son:

- Criterio legislativo;
- Los estudios precedentes que marquen empíricamente la extensión de los impactos en proyectos análogos al de nuestro estudio;
- Información disponible y ámbitos de esta información (tal y como ya hemos visto para la diferenciación entre los ámbitos físico y socio-económicos). Necesidad de homogeneizar lo máximo posible la información disponible (como muchos 2 ó 3 ámbitos presentes para un mismo estudio);
- Relevancia estadística y escala de los datos. Que el ámbito que escojamos nos permita diseñar un correcto EIA;
- El coste y el tiempo de ejecución;
- Otras posibles actuaciones. Relación entre focos de ámbito parecido en circunstancias geográficas similares, y que puedan dar lugar a efectos sinérgicos (acumulativos. Aquello de que el todo no es la suma de las partes sino algo más).

e. Inventario y valoración ambiental

- Definición y contenidos

Esta tarea consiste en conocer el entorno afectado y entender su funcionamiento. De su elaboración correcta depende en gran medida la calidad del resto del EIA. Hay que seleccionar las variables adecuadas, inventariarlas, y hacer una síntesis y valoración de éstas. Como todo diagnóstico ha de contener:

- Descripción del estado actual del sistema (estado pre operacional);

- Interpretación de ese estado a la luz de las causas que lo han propiciado;
- Previsión de su evolución sin actuación. Esta previsión puede servir como referencia de los efectos de la actividad;
- Valoración ambiental de la situación actual y de su evolución.
- Consideraciones y criterios previos

Se emplearán toda clase de medios posibles, que comenzarán por una recopilación de la información existente (que habrá de ser analizada para determinar su calidad, tanto intrínseca, de los propios datos, como externa, si se orientan más o menos a nuestras necesidades) y que se habrán de complementar con visitas de campo, entrevistas a expertos y/o muestreos de las variables que pretendamos introducir en el inventario. La escala del trabajo ha de ser más o menos estandarizada (en la medida de lo posible) y cartografiable. Lo ideal para todas las variables sería disponer de una misma escala para poder superponer unos elementos con otros. La escala de trabajo viene de algún modo determinada por el presupuesto y los plazos que tenemos para entregar el trabajo y para llevar a cabo el proyecto, aunque a veces es posible determinar éstos después de la selección de la escala. Es importante que de este primer análisis detectemos los elementos y factores más delicados y significativos para el EIA a través de los medios ya mencionados

- Las variables del inventario ambiental

La selección de las variables del inventario (que, no olvidemos, han de ser los factores más significativos y que pueden ser objeto de alteración debido al proyecto), ha de atender a las siguientes condiciones:

- Significatividad. Las variables han de ser significativas para nuestro estudio.

- Operatividad. Las variables han de ser fácilmente utilizables e integrables en el proceso de estudio (en este sentido podemos clasificar las variables en dos tipos: aquellas que son el resultado de integrar otras más simples y aquellas que se explican por sí solas).
- Facilidad de obtención de los datos.
- Precisión. Hay que tener en cuenta qué grado de precisión podemos alcanzar en la medida de las variables que entran dentro del inventario.
- Modelizable. Aunque no es una característica muy común dentro de las variables que habitualmente se manejan, el conocimiento del funcionamiento del sistema (que, en definitiva, es lo que nos interesa en esta fase) se puede transformar en la posibilidad de predecir con mayor o menor fiabilidad el comportamiento futuro del mismo (de ahí la importancia de la precisión en nuestras medidas).
- Ejemplos de variables ambientales significativas.
 - Medio Natural
 - ✓ Clima;
 - ✓ Geología y Geomorfología;
 - ✓ Suelos y edafología del terreno;
 - ✓ Fauna, Vegetación y ecología (relaciones) del medio;
 - ✓ Paisaje;
 - ✓ Hidrología superficial y subterránea;
 - ✓ Calidad del aire;
 - ✓ Emisiones atmosféricas, etc.
 - Medio socio-económico
 - ✓ Sociológicas (población, aspectos culturales y costumbres);

- ✓ Económicas (renta y empleo, sectores productivos, precio del suelo, etc.);
 - ✓ Urbanísticas (poblamiento, uso y propiedad del suelo, planeamiento urbanístico);
 - ✓ Patrimonio (Histórico-artístico, cañadas, etc.);
- Síntesis del inventario

No es posible trabajar con todas las variables, además de que sólo nos interesan las cuestiones de funcionamiento. El ejercicio de síntesis del inventario permite definir unidades homogéneas, tanto internamente como en la respuesta ante una determinada alteración. Para sintetizar el mejor método es realizar mapas temáticos. Existen dos grandes enfoques para la síntesis:

 - Enfoque fenosistémico. Determinar variables que dirigen el sistema y definir unidades a partir de éstas.
 - Superposición. Hacer la determinación de unidades ambientales a partir de una superposición de mapas, más o menos a ciegas.
 - Valoración del inventario

La valoración del inventario es un proceso que implica dar un grado de excelencia y/o mérito para ser conservado de un determinado elemento de dicho inventario. Se trata de descubrir el valor ecológico, paisajístico, productivo, científico, etc. de un determinado elemento. Los objetivos de este proceso son:

 - Evaluar el valor de conservación;
 - Estimar la pérdida de valor que supondría su eliminación;
 - Clarificar el trabajo de equipo (homogeneizar las percepciones de unos y otros con respecto del medio);
 - Permitir comparaciones entre factores, jerarquizándolos según su importancia y valoración.

Los criterios de valoración más importantes son los siguientes:

- Criterio legislativo. Teniendo en cuenta la legislación vigente en cuanto a que protege una serie de especies y/o ecosistemas y no otros, habremos de valorar necesariamente en mayor grado éstos frente a los otros (al menos inicialmente).
- Diversidad. Variabilidad de los organismos vivos a todos los niveles, así como las relaciones que entre éstos se establecen.
- Rareza y Representatividad. En sentido económico lo raro es valioso. Además lo raro es también más vulnerable. La representatividad mide además cuán cerca está este recurso del óptimo definible.
- Naturalidad. Aquello que no ha sido transformado por el hombre es natural. Sin embargo, debido a la dificultad de encontrar espacios con estas características habremos de extender la definición a aquellos espacios que, habiendo sido alterados por el hombre, conservan substancialmente su carácter.
- Productividad.
- Grado de aislamiento. De este elemento con respecto de los demás de su especie.
- Imposibilidad de ser sustituido.
- Calidad. Cumplimiento de las funciones que desempeña ese elemento del medio.
- Fragilidad o Vulnerabilidad. Susceptibilidad al cambio debida a perturbaciones externas al medio ecológico.
- Singularidad.
- Tendencia en el futuro. Evolución del elemento.

f. Previsión de impactos

La previsión de alteraciones ha de dejarnos bien claro qué impactos son notables frente a aquellos que son mínimos (criterio legislativo en esta clasificación). Ésta valoración se consigue mediante el cruce de los elementos del proyecto frente a los elementos que se verán afectados por el mismo en el medio natural. Los impactos han de ser caracterizados (descritos), jerarquizados mediante un valor de gravedad del impacto sobre el MA y evaluados de modo global. Los problemas que surgen son:

- Incertidumbre acerca de la respuesta real del sistema al impacto generado por el proyecto. Se puede estimar la respuesta pero en ocasiones es difícil precisar cuál será el comportamiento real del sistema a la alteración.
- Falta de información del proyecto o fuertes desviaciones del mismo que pueden ser significativas a la hora de determinar el impacto global de éste. Para cuantificar de algún modo los impactos surgen los indicadores de impacto, los cuales han de ser:
 - ✓ Relevantes;
 - ✓ Fiables. Representativos del impacto que se quiere medir. Exclusivos, es decir, que en su valor intervenga principalmente el impacto a medir y no otros factores;
 - ✓ Realizable. Identificable y cuantificable (aunque el hecho de cuantificarlo todo no debe obsesionarnos, puesto que siempre se puede acudir a categorías semicuantitativas o a medidas cualitativas).

Los indicadores de impacto pueden ser diseñados con dos enfoques:

- ✓ Reduccionista (simples: Temperatura, pH, concentración de contaminantes, superficie ocupada, etc.). Inconvenientes: alta cantidad de variables lo cual provoca una alta cantidad de

indicadores y dificulta la síntesis de los impactos a la hora de la valoración global. Ventajas: simpleza, fáciles de medir.

- ✓ Holístico (índices estructurales: Diversidad, Riqueza, P/B, Complejidad cadenas tróficas, Curva de abundancia de especies, etc.). Inconvenientes: dilución de efectos en indicadores globales que enmascaren importantes impactos. Ventajas: índices con un carácter muy sintético.

g. Metodología de evaluación de impactos

- Identificación de acciones del proyecto
 - ✓ Que modifiquen los usos del suelo;
 - ✓ Que exploten los recursos naturales;
 - ✓ Que emitan contaminantes;
 - ✓ Que induzcan impactos secundarios;
 - ✓ Que induzcan riesgos naturales.
- Identificación de factores del MA susceptibles
 - ✓ Indicadores de impacto;
 - ✓ Índices de estructura.
- Cruce entre acciones-factores y causa -efecto.
- Descripción de los impactos. Existen muchas formas de afrontar estos problemas de elección. Entre ellas destacan principalmente:
 - Modelización empírica (de modo lógico y supositivo);
 - Matemática;
 - Pruebas de ensayo.
- Superposición de impactos;
- Escenarios comparados. Por analogía con proyectos parecidos y Listas de contraste de posibles afecciones (listados que ya existen con afecciones potenciales según el medio y según el tipo de proyecto);

- Consulta a paneles de expertos. Existe un método, conocido como Método Delphi de consultas a expertos que consiste en pasar cuestionarios a expertos, que estos respondan y luego pasar las respuestas a otros expertos y que estos critiquen, de tal modo que se puede retroalimentar el proceso pasando dichas críticas a los primeros expertos y haciéndoles que las maticen.

Tabla XXVII. **Principales modelos de evaluación de impacto ambiental**

Técnica	Ventajas	Inconvenientes
Lista de contrastes (sobre una lista de posibles impactos elaborar una lista con los impactos que se pueden dar y los que no se darán).	Simplicidad. Óptimo en estudios preliminares.	Inducen a soslayar efectos no inducidos de modo intuitivo
Redes de interacción (sobre una acción determinada del proyecto vemos a qué medio puede afectar y qué medios se pueden ver afectados de modo indirecto por esta afección)	Visualización de la conexión causa-efecto.	Complicación excesiva en grandes actuaciones. Posibles duplicidades.
Matrices de impactos. (cruces en una tabla entre acciones de proyecto y elementos del medio)	Carácter sintético. Datos cualitativos y cuantitativos.	Mucha subjetividad. Carácter no selectivo.

Fuente: guía de estudio de impacto ambiental, www.ingenieroambiental.com

Existen cuatro tipos de matrices de impacto ambiental:

- ✓ Normal. Vista en la tabla anterior;
- ✓ Causa-efecto. Tiene la ventaja de que existen muy diversas versiones (flexibilidad metodológica) y que es muy simple de realizar (una vez se

conocen bien las relaciones causa-efecto). Tiene el inconveniente de que no es posible incorporar algunas consideraciones dinámicas a la misma;

- ✓ Interactivas. Tiene la ventaja de que muestra relaciones de dependencia entre diferentes impactos, pero tiene el problema de que precisa mayores conocimientos teóricos debido a su complejidad;
 - ✓ Temporales. Tiene la ventaja de que refleja secuencias temporales para cada una de las sub-fases y fases. El inconveniente es la especificidad que no permite tener una visión global muy clara.

Existen también las llamadas Matrices de Leopold, diseñadas a partir de la EIA de una mina de fosfatos de California. Consiste en un cuadro de doble entrada cuyas columnas están encabezadas por una amplia relación de factores ambientales y cuyas entradas por filas están ocupadas por otra relación de acciones causa de impacto; ambas listas de factores y acciones tienen carácter de listas de chequeo entre los que seleccionar los relevantes para cada caso; en este sentido conviene advertir de que su origen supone el peligro de ignorar aspectos que no siendo importantes allí puedan serlo en otros países. La matriz no es propiamente un modelo para realizar EIA, sino una forma de sintetizar y visualizar los resultados de tales estudios; así la matriz de Leopold sólo tiene sentido cuando va acompañada de un inventario ambiental y de una explicación sobre los impactos identificados, de su valor, de las medidas para mitigarlos y del programa de seguimiento y control. En suma se trata de una matriz de relación causa-efecto que añade a su papel en la identificación de impactos la posibilidad de mostrar la estimación de su valor. Para realizar este tipo de matrices es necesario definir los impactos y caracterizarlos. A la hora de

caracterizar un impacto tenemos una serie de criterios legales muy definidos, y que son los siguientes:

- ✓ Presencia (Notable/Mínima);
- ✓ Carácter genérico (+/-);
- ✓ Tipo de acción (directa/indirecta);
- ✓ Sinergia (simple/acumulativo/sinérgico);
- ✓ Temporalidad (corto/medio/largo plazo);
- ✓ Duración (temporal/permanente);
- ✓ Reversibilidad (Reversible/irreversible) del sistema: si el medio natural es capaz por sí solo de volver a la calidad original del sistema;
- ✓ Recuperabilidad (Recuperable/Irrecuperable): vuelta a la calidad original mediante medidas correctoras;
- ✓ Continuidad (Continuo/ Discreto);
- ✓ Periodicidad (Periódico/Aperiódico).

Sobre esta caracterización cabe realizar una valoración de los impactos, teniendo en cuenta los criterios legislativos que figuran en la directiva y sus posteriores transposiciones a los estados miembros de la UE. La valoración se puede realizar con la siguiente clasificación:

- Compatible: de rápida recuperación sin medidas correctoras;
- Moderado: la recuperación tarda cierto tiempo pero no necesita medidas correctoras o solo algunas muy simples;
- Severo: la recuperación requiere bastante tiempo y medidas correctoras más complejas;
- Crítico: supera el umbral tolerable y no es recuperable independientemente de las medidas correctoras (este es el tipo de impactos que, en teoría al menos, hacen inviable un proyecto y lo paran);

Es difícil determinar la diferencia entre severo y crítico, sobre todo porque el ser recuperable o no por medidas correctoras depende del presupuesto que se maneje. A la hora de valorar se utilizan diversas metodologías:

- Enjuiciamiento directo
- Aspectos cualitativos. Criterios simples sobre características no cuantificables y que pueden definirse mejor empleando clases.
- Sistemas cuantitativos
 - ✓ Parciales: aplicación de modelos;
 - ✓ Globales: se realizan modelos específicos para actuaciones concretas. Ejemplo: método Batelle Columbus.

La gravedad de un impacto va a venir determinada por sus características magnitud (en cuanto a su intensidad y extensión). Hay que transformar esto en un valor de modo aproximativo. Para una concreción mayor existen fórmulas para asignar valores simples a los descriptores o características de los impactos para llegar a un valor estandarizado de todos los impactos.

- (E) Extensión (puntual o amplia, con valores de 1,3,5);
- (D) Distribución (puntual o continua, con valores de 1 y 0.5);
- (O) Oportunidad (oportuna o inoportuna, con valores de 1 y 2);
- (T) Temporalidad (Infrecuente, frecuente y permanente, con valores de 0.5, 1 y 2). (R) Reversibilidad (reversible e irreversible, con valores de 1 y 2);
- (S) Signo (+ ó -);
- (M) Magnitud (baja, media, alta, con valores de 1, 3, 5).

Con estos valores calculamos el Índice Total de Impacto (IT), que tiene la siguiente fórmula:

$$IT = [(M * T + O) + (E * D)] * R * S$$

Que se valora de la siguiente manera:

- 30-50 Crítico;
- 15-30 Severo;
- 5-15 Moderado;
- < 5 Compatible.

Éste sería el impacto sin las medidas correctoras, tras la aplicación de las medidas correctoras (que se restarían, -MC). Se trata de un análisis cuantitativo para luego llegar a un valor semicuantitativo.

h. Medidas Correctoras

Se trata de medidas que se hacen sobre el proyecto con el objeto de:

- Evitar, disminuir, modificar, curar o compensar el efecto del proyecto en el MA (rebajar los impactos intolerables, y minimizar todos en general);
- Aprovechar mejor las oportunidades que brinda el medio para el mejor éxito del proyecto.

Las medidas correctoras no deben constituirse en coartada para la aceptación de cualquier proyecto, en la idea de que los impactos van a obviarse con la medida correctora. Siempre es preferible evitar el impacto que corregirlo. Según determinados criterios, podemos tener los siguientes tipos de medidas correctoras (que pueden darse tanto en la fase de construcción, explotación y/o abandono):

- Minimizadoras o precautorias: dedicada sobre todo a alteraciones dentro del proyecto (a la vez que se hace);
- Correctoras: aquellas que se generan para evitar impactos tras el desarrollo del proyecto;

- Compensatorias: impactos "inevitables" (je, je) que serán compensados en otras zonas (restituyendo lo destruido en otro lugar, siempre y cuando esto sea posible).

De estos tipos de medidas podemos sugerir los siguientes instrumentos de actuación:

- Actuaciones en el diseño y la ubicación del proyecto: modificación del proyecto;
- Selección de pautas y procedimientos de desarrollo de la obra: opciones en el proyecto (materiales, fechas de realización, etc.);
- Actuaciones específicas dentro del proyecto.

Un aspecto muy importante de las medidas correctoras es el coste de las mismas, ya que dicho coste no es marginal respecto al de la obra sustantiva y puede producir fuertes anomalías, por lo que es importante considerarlo lo antes posible. Pero no sólo es importante tener en cuenta la viabilidad desde el punto de vista económico sino también la técnica, económica, eficacia (reducir el impacto)/eficiencia (coste/impacto), facilidad de implantación y mantenimiento y control (dado que normalmente las medidas una vez implantadas se abandonan). Las medidas correctoras han de especificar, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Definición de la medida;
- Objetivo (sistemas afectados y tipos de impactos);
- Parámetros (representatividad, fiabilidad, número reducido y fácilmente medible);
- Eficacia;
- Muestreo (adecuada distribución espacio-temporal);
- Impacto residual;
- Elementos de impacto de la propia medida;
- Necesidad de mantenimiento;
- Precauciones de seguimiento;

- Entidad responsable de su gestión;
- Momento y documento de su inclusión: presupuesto, pliego de condiciones, del proyecto sustantivo o de otro específico para las medidas correctoras;
- Facilidad de ejecución y gestión;
- Costes de ejecución;
- Costes de mantenimiento;
- Prioridad;
- Retroalimentación (reconsideración de los objetivos, flexibilidad pero compromiso);
- Emisión de informes (tipos, periodicidad, organismo encargado, etc.).

i. Plan de seguimiento y vigilancia

El Programa de Vigilancia Ambiental debe entenderse como el conjunto de criterios de carácter técnico que, en base a la predicción realizada sobre los efectos ambientales del proyecto, permitirá realizar a la Administración un seguimiento eficaz y sistemático tanto del cumplimiento de lo estipulado en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), como de aquellas otras alteraciones de difícil previsión que pudieran aparecer. Presenta una doble vertiente, representa un contrato del promotor con la Administración que le obliga a llevar a cabo lo dicho en el estudio de impacto ambiental y le hace responsable. La Administración no se hace cargo de las medidas correctoras ni del Plan pero atenderá a los informes derivados del plan de seguimiento. Por tanto, los objetivos de dicho plan podrían enumerarse como sigue:

- Verificación, cumplimiento y efectividad de las medidas del EIA

- Seguimiento de impactos residuales e imprevistos que se produzcan tras el comienzo de la explotación, así como afecciones desconocidas, accidentales, indirectas
- Base para la articulación de nuevas medidas en función de la eficacia y eficiencia de las medidas correctoras pertinentes que aparezcan en la DIA
- Fuente de datos para futuros EIA, útil para el propio promotor también si se tienen experiencias sistematizadas

Para cada medida correctora habremos de elaborar una ficha con unas características mínimas:

- Medida correctora a la que hace referencia;
- Indicadores, tanto de realización como de efectividad de la medida;
- Método de control, con un calendario de medida, unos puntos de muestreo fijos y un sistema de medición;
- Datos de referencia o establecimiento de umbrales (mínimos en cuanto a umbrales de intolerancia, umbrales de alerta y umbrales inadmisibles);
- Medidas de urgencia;
- Formación necesaria por parte de la persona que hace el control;

Dentro del Plan no sólo hay que analizar la medida correctora sino su influencia en elementos adyacentes para descubrir posibles sistemas afectados. Hay que hacer uso de indicadores representativos, fiables y relevantes de la influencia en el sistema, así como fáciles de medir y de número reducido. En la interpretación de los resultados hay que tener en cuenta:

- ✓ Comparación ex ante/ ex post: comparar previsores de impacto antes de generar el proyecto con observaciones

reales después de generarlo, para adecuar las medidas correctoras

- ✓ Comparación con tendencias previas: variables que se tienen controladas antes del proyecto (en el inventario ambiental) o son modelizables para comparar lo que hay con lo esperable
- ✓ Control de zonas testigo (zonas similares en todo salvo en el proyecto): útil sobre todo para variables con tendencias erráticas

La retroalimentación consiste en la reconsideración de objetivos, si no ha habido efectos se puede decidir eliminar actividades del plan de seguimiento, para reducir costes, o se pueden incluir revisiones para impactos no previstos. Debe existir cierta flexibilidad pero con compromiso, hay que trabajar con los objetivos. Generalmente éstos son los pasos, los factores que han de analizarse, e indicadores más usuales, que nos permiten la implementación de un EIA en nuestro país, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, proporciona un formulario para realizar un EIA inicial.

2.11 Práctica No. 11 Buenas prácticas de manufactura

2.11.1 Definición

Las Buenas Práctica de Manufactura o mejor conocidas como BMP, son un conjunto de principios básicos y prácticas generales de higiene que intervienen en la preparación, manipulación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de los alimentos para el consumo humano, con el objetivo de garantizar que los productos se fabriquen en

condiciones sanitarias adecuadas y se minimicen los riesgos inherentes durante las etapas del proceso de producción.

2.11.2 Aspectos que toma en cuenta las BMP

Para lograr implementar las BMP en cualquier empresa que se dedique a la fabricación de alimentos, debe tomar muy en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Edificaciones e instalaciones
 - Deben estar aislados de focos insalubres;
 - Las instalaciones y alrededores deben permanecer limpias y en buen estado, deben facilitar la limpieza y desinfección;
 - Tener un abastecimiento de agua potable;
 - Se debe contar con áreas para la disposición de residuos líquidos y sólidos.
- b. Equipos y utensilios
 - Resistentes a la corrosión;
 - Facilitar el proceso de desinfección;
 - No deben favorecer a la proliferación de microorganismos.
- c. Personal que manipulará los alimentos
 - Estar en buenas condiciones de salud (libres de heridas, infecciones respiratorias, gastrointestinales, etc.);
 - Poseer una buena higiene personal;
 - La vestimenta debe poseer las siguientes características:
 - ✓ Ser de color claro;
 - ✓ Tener cremallera;
 - ✓ Sin anillos, aretes, relojes ni cadenas;
 - ✓ El cabello debe estar cubierto y recogido (utilizar cofia);

- ✓ Uñas cortas y sin esmalte;
- ✓ Zapatos cubiertos.

d. Materias primas

- Deben ser inspeccionadas;
- Lavadas y desinfectadas;
- Conservar una temperatura adecuada en su almacenaje;
- Evitar la contaminación cruzada.

2.11.3 Análisis de riesgos y control de puntos críticos (HACCP)

Desde ya hace varios años, la industria alimenticia ha reconocido el Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos, mejor conocido por sus siglas en inglés HACCP (*Hazard Analysis Control Critical Points*), como un medio efectivo y racional de asegurar la inocuidad alimentaria desde la cosecha hasta el consumo. Este método se basa en prevenir antes que en corregir los problemas y se apoya en siete principios que incluyen: el análisis de los riesgos, la identificación de los puntos críticos, establecimiento de los límites críticos, el establecimiento de procedimientos de monitoreo, de medidas correctivas en caso de desviación, y de formas de documentar y verificar todas estas acciones.

Se ha dado alguna confusión en cuanto a los términos *plan HACCP* y *sistema HACCP* y en cuanto a cómo presentar un plan HACCP. De acuerdo con el *National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods*, (NACMCF) uno de los principales propulsores del sistema HACCP, las siguientes son definiciones aceptadas:

- Plan HACCP: es el documento escrito, basado en los principios HACCP que describe los procedimientos a seguir para asegurar el control de un proceso específico.

- Sistema HACCP: es el resultado de la implementación del plan HACCP y que en suma, es el conjunto de acciones encaminadas a identificar, evaluar y controlar los riesgos o peligros significativos para la inocuidad de un alimento.

En cuanto al documento escrito que contiene el plan HACCP, éste debe contener la siguiente información:

- ✓ Una descripción precisa del producto, y además, la descripción del tipo de empaque, el uso final del producto, el consumidor hacia quien va dirigido, tiempo de vida útil y recomendaciones de almacenamiento;
- ✓ Un esquema del flujo del proceso;
- ✓ El análisis de riesgos biológicos, químicos y físicos que se presentan en cada etapa del proceso, identificando los puntos críticos de control o PCC;
- ✓ El esquema del plan en sí, que incluye los PCC (qué, cómo, con qué frecuencia y quién), las acciones correctivas, los registros del monitoreo y la verificación, sintetizando todo esto en un cuadro.

2.11.4 Principios de un plan HACCP

Como bien mencionamos anteriormente, y no está por demás hacer hincapié en ellos, los siete principios básicos de un Plan HACCP son:

- a. Realizar un análisis de peligros reales y potenciales asociados durante toda la cadena del proceso hasta el punto de consumo del producto;
- b. Determinar los puntos críticos de control (PCC);
- c. Establecer los límites críticos a tener en cuenta en cada punto de control crítico identificado;
- d. Establecer un sistema de monitoreo o vigilancia de los PCC identificados;

- e. Establecer acciones correctivas con el fin de adoptarlas cuando el monitoreo o la vigilancia indiquen que un determinado PCC no está controlado;
- f. Establecer un sistema efectivo de registro que documente el plan operativo HACCP;
- g. Establecer un procedimiento de verificación y seguimiento para asegurar que el Plan HACCP funcione correctamente.

2.11.5 Prerrequisitos de un sistema HACCP

Ya establecido el plan HACCP, deben tomarse en cuenta los siguientes puntos para establecer lo que será el Sistema HACCP, estos son:

- Las buenas prácticas de manufactura;
- Un programa de capacitación dirigido a los responsables de la aplicación del sistema HACCP que contemple aspectos relacionados con su implementación y de higiene en los alimentos, de conformidad con el Decreto 3075 de 1997;
- Un programa de mantenimiento preventivo de áreas, equipo e instalaciones;
- Un programa de calibración de equipos e instrumentos de medición;
- Un programa de saneamiento que incluya un control de plagas (artrópodos y roedores), limpieza y desinfección, abastecimiento de agua, manejo y disposición de desechos sólidos y líquidos;
- Control de proveedores y materias primas incluyendo parámetros de aceptación y rechazo;
- Planes de muestreo.

2.11.6 Ventajas que ofrece un sistema HACCP

Entre las ventajas que ofrece la implementación de un Sistema HACCP, pueden mencionarse las siguientes:

- ✓ El sistema brinda un planteamiento racional para el control de los riesgos microbiológicos en los alimentos;
- ✓ Evita las múltiples debilidades propias del enfoque de la inspección y los inconvenientes que presenta la confianza en el análisis microbiológico;
- ✓ Resultan más favorables las relaciones costos/beneficios, eliminando el uso improductivo de consideraciones superfluas;
- ✓ El consumidor o usuario final del alimento puede confiar en que se adquieren y se mantienen los niveles adecuados de sanidad y de calidad.

2.11.7 Caso práctico

Para el desarrollo del caso práctico aplicado a las BPM y HACCP, vamos a suponer que se tiene una empresa hipotética a la que llamaremos “Inversiones del Campo”, la cual se dedica a la producción de boquitas hechas con vegetales cortados, listos para consumir, bajo la marca “Boquitas Vegetarianas”. Al implementar su Sistema HACCP, el plan para el producto “Tallos de apio en trocitos”; ver tabla XXVII en la página siguiente.

Solución

Inversiones del Campo
Plan HACCP: Hoja de descripción de producto
“Boquitas vegetarianas. Tallitos de apio”

Tabla XXVIII. Descripción del producto para la implementación de un sistema HACCP, caso práctico 2.11.7

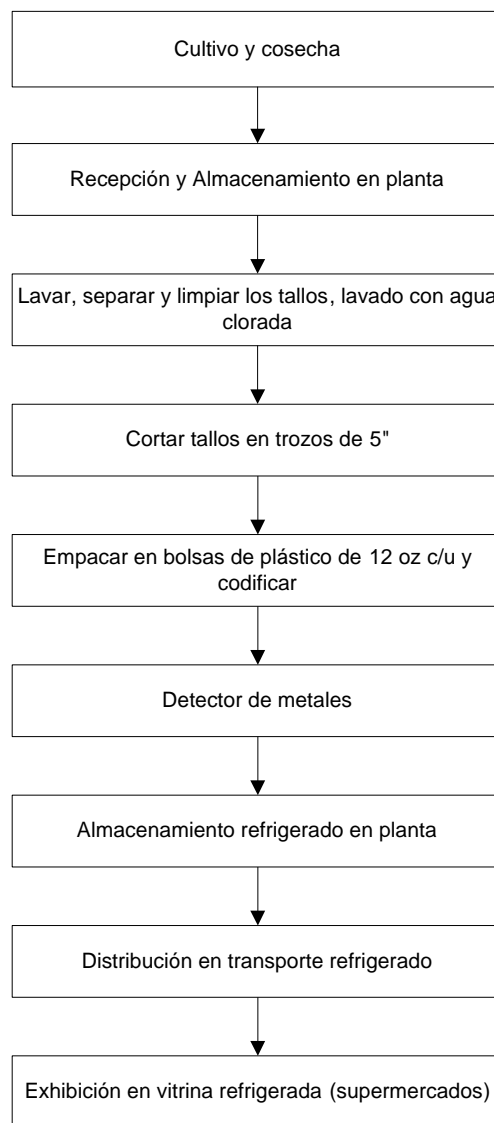
Descripción del producto	Los tallitos de apio son cortes de tallos de apio fresco, lavado, cortado, sin hojas, listos para consumir, presentados en bolsas de 12 onzas.
Empaque	Bolsas de material plástico, selladas, conteniendo 12 onzas de producto.
Tiempo de vida	Bajo las condiciones apropiadas de almacenamiento, el producto tiene un tiempo de vida útil de 15 días.
Condiciones de almacenamiento	El producto debe mantenerse en todo momento a una temperatura de 40° F (4.4°C) como máximo, pero evitando temperaturas de congelamiento.
Uso	El producto está orientado hacia el público en general, ya sea en el ámbito doméstico o institucional. No está específicamente procesado para ser consumido por poblaciones de alto riesgo (niños, ancianos, sistema inmunológico comprometido).

Fuente: elaboración propia

Inversiones del Campo

Plan HACCP: Hoja de descripción de producto “Boquitas vegetarianas, tallitos de apio”

Figura 21. **Diagrama del proceso para la implementación de un sistema HACCP, caso práctico 2.11.7**



Fuente: elaboración propia

Inversiones del Campo

Plan HACCP: Hoja de descripción de producto “Boquitas vegetarianas, tallitos de apio”

Tabla XXIX. Hoja de descripción del producto para implementar un plan HACCP, caso práctico 2.11.7

1/5

1) Etapa o paso del proceso	2) Riesgos presentes en esta etapa	3) El riesgo es significativo (si/no)	4) Razones para su decisión en col. 3)	5) Medidas preventivas que pueden aplicarse	6) Es esta etapa un PCC (si/no)	7) # de PCC
Cultivo y cosecha	Biológicos	Si	Contaminación microbiológica proveniente del campo, del agua de riego, o personal laborante	Sanidad en el campo. GAP	Si: campo	Certificado
	Químicos	Sí	Residuos de pesticidas aplicados en el campo	Auditar aplicación de pesticidas	Si: campo	Certificado
	Físicos	No	Usar SSOP's			

Continuación tabla XXIX

2/5

1) Etapa o paso del proceso	2) Riesgos presentes en esta etapa	3) El riesgo es significativo (si/no)	4) Razones para su decisión en col. 3)	5) Medidas preventivas que pueden aplicarse	6) Es esta etapa un PCC (si/no)	7) # de PCC
Recepción y almacenamiento en planta	Biológicos	Si	Contaminación microbiológica proveniente del campo, del agua de riego, o personal laborante	Pre aprobar proveedor basándose en un programa de GAP	Si	1
	Químicos	Si	Residuos de pesticidas aplicados en el campo	Solicitar record de aplicación antes de recibir el embarque	Si	1
	Físicos	No	Aplicación de GMP's y SSOP's			
Lavar, separar y limpiar los tallos. Lavar con agua clorada	Biológicos	Si	Presencia de microorganismos patógenos provenientes del campo	Lavar los tallos cuidadosamente emplear agua clorada y mantener la temperatura entre 32 y 40 °F	Si	2

Continuación tabla XXIX

3/5

1) Etapa o paso del proceso	2) Riesgos presentes en esta etapa	3) El riesgo es significativo (sí/no)	4) Razones para su decisión en col. 3)	5) Medidas preventivas que pueden aplicarse	6) Es esta etapa un PCC (sí/no)	7) # de PCC
	Químicos	No	Aplicación de GMP's y SSOP's			
	Físicos	No	Aplicación de GMP's y SSOP'S, magnetos en línea para detectar partículas de metal			
Cortar tallos en trozos	Biológicos	No	SSOP's en el área de corte			
	Químicos	No	GMP's en el área de corte			
	Físico	Si	Posibilidad de fractura de los discos de la cortadora	Instalar un detector de metales en una etapa posterior del proceso	No	
Empacar bolsas de 12 oz. y codificar	Biológicos	Sí	Falta de refrigeración durante operación de empacado puede favorecer el crecimiento de patógenos	Mantener la temperatura del producto a <40° F	Sí	3
	Químicos	No	Aplicación de GMP's y SSOP's			
	Físicos	No	Aplicación de GMP's y SSOP's			

Continuación tabla XXIX

4/5

1) Etapa o paso del proceso	2) Riesgos presentes en esta etapa	3) El riesgo es significativo (sí/no)	4) Razones para su decisión en col. 3)	5) Medidas preventivas que pueden aplicarse	6) Es esta etapa un PCC (sí/no)	7) # de PCC
Detector de metales electrónico	<p>Biológicos</p> <p>Químicos</p> <p>Físicos</p>	<p>No</p> <p>No</p> <p>Si</p>	<p>Detección de fragmentos de metales</p>	<p>Buen funcionamiento del detector</p>	<p>Si</p>	<p>4</p>
Almacenamiento refrigerado en planta	<p>Biológico</p> <p>Químico</p> <p>Físico</p>	<p>Si</p> <p>No</p> <p>No</p>	<p>Posibilidad de crecimiento de m.o. patógenos, incluyendo Listeria</p> <p>Producto ya está empacado</p> <p>Producto ya está empacado</p>	<p>Temperatura entre 32 y 40° F y <16 días de almacenamiento controlados mediante código de producción</p>	<p>Si</p>	<p>5</p>

Continuación tabla XXIX

5/5

1) Etapa o paso del proceso	2) Riesgos presentes en esta etapa	3) El riesgo es significativo (sí/no)	4) Razones para su decisión en col. 3)	5) Medidas preventivas que pueden aplicarse	6) Es esta etapa un PCC (sí/no)	7) # de PCC
Distribución en transporte refrigerado	Biológico	Sí	Posibilidad de crecimiento de m.o. patógenos, incluyendo Listeria	Mantener la temperatura ambiente dentro del camión a 40° F o menos	Sí	6
	Químico	No	Aplicación de SSOP's a camiones refrigerados			
	Físico	No	Aplicación de SSOP's a camiones refrigerados			
Exhibición en vitrina refrigerada (supermercados)	Biológico	Sí	Posibilidad de crecimiento de m.o. patógenos debido a altas temperaturas o tiempo de vida útil sobrepasado	Mantener la temperatura a 40° F o menos y verificar códigos de producción (<16 días)	Sí	CCP Supermercado
	Químico	No	Producto empacado			
	Físico	No	Producto empacado			

Fuente: elaboración propia

Tabla XXX. **Plan HACCP a implementar en la empresa Inversiones del Campo, caso práctico 2.11.7**

1/7

PCC# Etapas de Proceso	Riesgo Significativo - Identificativo	Limites críticos para cada riesgo identificado	Qué se Monitorea	Cómo	Frecuencia	Responsable	Acciones correctivas	Registros	Verific.
PCC # 1 Recepción y almacena miento en planta	B: Posible contaminación con m.o. patógenos Q: Presencia de residuos de pesticidas	B: El proveedor debe cumplir requerimiento de GAP Y debe contar con programa de monitoreo microbiológico. El proveedor debe proveer los registros de aplicación de plaguicidas y resultados de análisis.	Aprobar proveedor. Usar SOP 1.1 Inspeccionar cada lote recibido Registros de aplicación de plaguicidas. Identificación correcta de cada lote	Inspecciones en el campo. Verificar que el lote sea suministrado por un proveedor aprobado Revisar y aprobar los registros de aplicación. Verificar identifica- ción	Durante el cultivo y antes de iniciar cosecha Cada lote recibido en planta Cada lote recibido en planta	Gerente de compras y gerente Q.A. Encargado de recepción de materia prima Gerente de compras y gerente de Q.A.	Eliminar proveedores que no cumplen con normas. Rechazar lotes fuera de specs. Parar el embarque. Rechazar el lote que no cumpla con specs.	Reportes de inspección Registros diarios de inspección de recibo Reportes de recibo de cada lote	

PCC# Etapas de Proceso	Riesgo Significativo - Identificativo	Limites críticos para cada riesgo identificado	Qué se Monitorea	Cómo	Frecuencia	Responsable	Acciones correctivas	Registros	Verific.
PCC#2 Lavar y limpiar los tallos. Lavar con agua clorada, secar y enfriar a 40°F	B: Contaminación con m.o. patógenos	Concentración del residual del cloro libre en el agua de lavado entre 0.5 ppm y 2 ppm PH del agua entre 6.0 y 7.0	Análisis de cloro libre en el agua. PH del agua.	Kit de medición de cloro libre y PH meter. Usar S.O.P # 22	Cada 30 minutos	Sup. De producción y Q.A.	Parar la línea si los valores están fuera de límites críticos. Corregir	Formato de registro diario	Comparar records contra lo establecido en plan HACCP. Auditar cada dos semanas Auditoria externa del plan HACCP al menos cada tres meses

PCC# Etapa de Proceso	Riesgo Significativo - Identificativo	Limites críticos para cada riesgo identificado	Qué se Monitorea	Cómo	Frecuencia	Responsable	Acciones correctivas	Registros	Verific.
PCC#2		Temperatura del producto a 40°F o menos	Medir temperatura de tallos de apio.	Termómetro calibrado. Usar S.O.P.#2.3	Cada 30 minutos	Sup. De producción y Q.A.	Para la línea si la temperatura esta fuera de límites críticos. Corregir problema de temperatura	Formato de registro diario	Análisis microbiológico de ambiente cada semana. Análisis microbiológico de producto una vez al mes.

PCC# Etapa de Proceso	Riesgo Significativo - Identificativo	Limites críticos para cada riesgo identificado	Qué se Monitorea	Cómo	Frecuencia	Responsable	Acciones correctivas	Registros	Verific.
PCC# 3 Empacar los tallos cortados en bolsas de plástico de 12 oz. Y codificar	B. Contaminación con m.o. patógenos si la temperatura de los tallos de apio excede 40°F Posibilidad de crecimiento de Listeria	Temperatura del producto a 40°F o menos. Observar SSOP's	Medir temperatura de tallos de apio. Aplicación del código de producción y fecha de caducidad deben estar presentes en cada paquete	Termómetro calibrado. Usar S.O.P. # 2.3 Inspección visual	Cada 15 minutos continua	Operador de empaquetado y Q.A. Operador de empaquetado y empacadores	Parar la línea si la temperatura esta fuera de límites críticos. Corregir problemas de temperatura Para la línea y corregir	Formato de registro diario Formato de registro diario	Comparar records contra lo establecido en plan HACCP Auditar cada dos semanas. Auditoria externa del plan HACCP al menos cada tres meses.

PCC# Etapa de Proceso	Riesgo Significativo - Identificativo	Limites criticos para cada riesgo identificado	Qué se Monitorea	Cómo	Frecuencia	Responsable	Acciones correctivas	Registros	Verific.
PCC#4 Detector de metales	Físico: partículas de metal en las botas de apio	Presencia de partículas de metal con un tamaño > 0 = 1/32"	Bolsas con los tallos de apio	Hacer pasar cada una por el detector de Metales. Calibrar el detector de metales	Continuame nte en línea Cada hora	Operador de sellado de bolsas Q.A.	Parar la línea si hay exceso de bolsas rechazadas. Abrir las bolsas rechazadas para buscar las partículas de metal. Recalibrar Instrumento	Registros diarios de producción y Q.A.	Comparar records contra lo establecido en plan HACCP. Auditar cada dos semanas

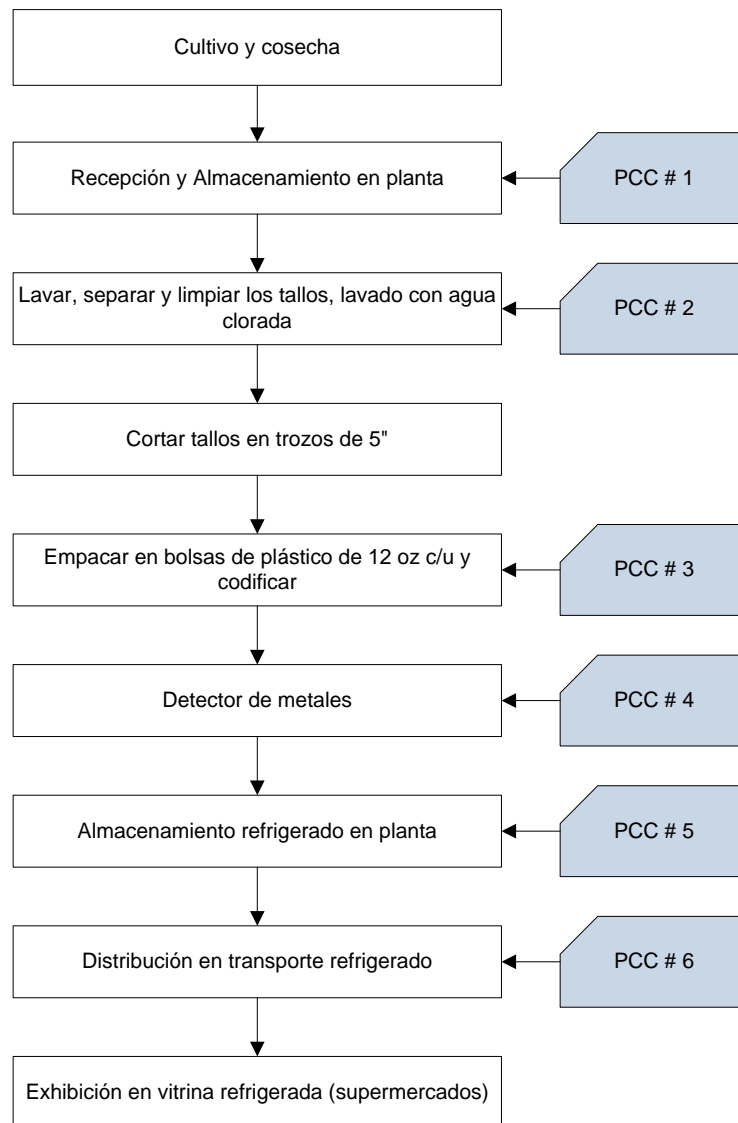
PCC# Etapas de Proceso	Riesgo Significativo - Identificativo	Limites críticos para cada riesgo identificado	Qué se Monitorea	Cómo	Frecuencia	Responsable	Acciones correctivas	Registros	Verific.
PCC#5 Almacena miento refrigerado en planta	Biológico: Posibilidad de crecimiento de patógenos por exposición a temperaturas fuera de límites o por tiempo de almacenaje	Mantener la temperatura de los tallos de apio dentro de las bolsas a 40°F o menos. Temperatura ambiente en almacén entre 32-40°F. Embarcar dentro de los 10 días siguientes a la producción	Temperatura ambiente en los almacenes fríos. Códigos de producción	Examinar gráfica de registro continuo de temperatura ambiente. Tomar temperatura interna del producto Examinar visualmente el código	Cada hora Cada lote a embarcar	Supervisor de almacén / Q.A. Supervisor de almacén / Q.A.	Contactar Inmediatame nte al gerente de Q.A. y supervisor de Mantenimien to si sube la temperatura. Tratar de bajar temp. ASAP. No embarcar si el lote tiene más de 10	Registros diarios, revisados y firmados por el supervisor	records contra lo establecido en plan HACCP. Auditar cada dos semanas. Auditoria externa del plan HACCP al menos cada tres meses

PCC# Etapa de Proceso	Riesgo Significativo - Identificativo	Limites críticos para cada riesgo identificado	Qué se Monitorea	Cómo	Frecuencia	Responsable	Acciones correctivas	Registros	Verific.
PCC # 6 Distribución en transporte refrigerado	Biológico: Posibilidad de crecimiento de patógenos por exposición a temperaturas fuera de límites	Mantener la temperatura de los tallos de apio dentro de las bolsas a 40°F o menos. Temperatura ambiente en el compartimiento frío entre 32-40°F antes de cargar	Temperatura ambiente en los transportes refrigerados. Funcionamiento del compresor	Verificar la lectura de compartimiento frío con el compresor encendido	Antes de cargar	Encargado de despacho	No cargar el transporte si la temperatura esta fuera de Límites. visar al supervisor de mantenimiento Cambiar de transporte si el problema no se corrige	Registros de Embarque	Comparar records contra lo establecido en plan HACCP. Auditar cada dos semanas. Auditoria externa del plan HACCP al menos cada tres meses

Fuente: elaboración propia

Plan HACCP: Diagrama De Flujo con los Puntos Críticos de Control
Producto: "Boquitas Vegetarianas. Tallitos De Apio"

Figura 22. **Diagrama de bloques y PCC, plan HACCP, caso práctico 2.11.7**



Fuente: elaboración propia

Conclusiones

- La hoja de análisis de riesgos indica que el grupo de trabajo identificó en el proceso SEIS puntos críticos de control o PCC. El consenso del grupo fue de que adicionalmente, hay PCC que deben ser controlados fuera del ámbito de la planta procesadora: dos en el campo y uno en los supermercados que se encargan de la venta al detalle del producto.
- Se parte de la premisa de que la planta tiene en operación todos los programas prerequisite (SSOP - Procedimientos operativos estándares sanitización, BMP ó GMP por sus siglas en inglés, Mantenimiento preventivo, programas de rastreabilidad, etc.).

3. MANUAL DE PRÁCTICAS PARA INGENIERÍA DE MÉTODOS

3.1 Práctica No. 1 Productividad

3.1.1 Definición de productividad

La Ingeniería de Métodos tiene por objetivo la medición y simplificación del trabajo, esto consiste en mejorar métodos, procedimientos, equipo, herramientas, establecer estándares, programar e implantar sistemas de producción; para ello emplea un indicador importante el cual se conoce como productividad. La productividad puede definirse como el grado de rendimiento con el cual se emplean los recursos disponibles para alcanzar los objetivos establecidos. Entonces, el principal motivo para estudiar la productividad en una empresa es el encontrar las causas que la deterioran, y una vez conocidas, establecer los criterios para aumentarla.

Mencionamos anteriormente que es necesario aumentar la productividad, para ello se requiere partir de la relación existente entre producto e insumo, entonces, en teoría existen tres maneras de incrementar la productividad:

- a. Aumentar el producto y mantener el mismo insumo;
- b. Reducir el insumo y mantener el mismo producto;
- c. Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino que representa la eficiencia con la que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados deseados.

Por lo tanto, la productividad puede ser medida desde el punto de vista siguiente:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos} = \frac{Resultados\logrados}{Recursos\empleados}$$

De la misma manera es posible calcular la Productividad Total, Parcial y la Productividad de Factor Total, esto es:

a. Productividad total

Es la razón de la cantidad producida dividida entre la sumatoria de todos los insumos utilizados.

b. Productividad parcial

Es la razón de la cantidad producida dividida entre un solo tipo de insumo para la producción de este.

c. Productividad de factor total

Es la razón de la cantidad producida dividida entre la suma de los insumos de mano de obra más el capital.

3.1.2 Algunos factores que pueden restringir la productividad

Un aumento de la productividad no ocurre por sí solo, sino que los altos mandos son quienes lo provocan y lo logran mediante la fijación de metas, la remoción de los obstáculos que se interponen al cumplimiento de las mismas, el desarrollo de planes para eliminarlos y la dirección eficaz de todos los recursos, son factores que lo permiten.

A continuación se muestran los factores restrictivos más comunes:

- a. Incapacidad de los altos mandos para fijar un ambiente y crear el clima apropiado para el mejoramiento de la productividad: todos los dirigentes son responsables de desarrollar y mantener un ambiente laboral favorable para cumplir las metas de la organización.
- b. Problema de los reglamentos gubernamentales: la reglamentación gubernamental cada vez ha tenido mayor efecto negativo en la productividad, ya que reduce los recursos de las organizaciones.
- c. El tamaño y la obsolescencia de las organizaciones tienen un efecto negativo sobre el aumento de la productividad. Cuanto mayor tamaño adquiere una organización, mayores serán los obstáculos a los que se enfrentarán tanto las comunicaciones internas como las externas, la unidad de propósito y el cumplimiento de los resultados.
- d. Incapacidad para medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo: Muchas organizaciones desconocen los procedimientos para evaluar y medir la productividad del trabajo, lo que genera inconformidad entre los empleados.
- e. Los recursos físicos, los métodos de trabajo y los factores tecnológicos que actúan tanto como en forma individual y combinada para restringir la productividad. El área de producción, el diseño del producto, la maquinaria

y el equipo, así como la calidad de las materias primas que se empleen y la continuidad de su abastecimiento tienen un importante efecto en la productividad.

3.1.3 Criterios para analizar la productividad

Existe una gran variedad de parámetros que afectan a la productividad del trabajo y en especial los ingenieros industriales analizan los factores conocidos como las “M” mágicas, llamadas así porque todas ellas, en inglés empiezan con EME, entonces, éstos factores son:

- Hombres (Men)
- Dinero (Money)
- Materiales
- Métodos
- Mercados (Markets)
- Máquinas (Machines)
- Mantenimiento del sistema: Controles, costos, inventarios, calidad, cantidad, tiempo, etc.
- Management
- Manufactura

3.1.4 Eficiencia y eficacia

Desde un punto de vista sistémico, sabemos que para que una empresa trabaje bien, todas las áreas y su personal deben funcionar adecuadamente, ya que la productividad es el punto final y la combinación de todos los esfuerzos tanto humanos, materiales y financieros que integran una empresa.

La eficacia implica la obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos. La eficiencia se logra cuando se obtiene un resultado deseado con el mínimo de insumos empleados; es decir, se genera cantidad y calidad y se ve incrementada la productividad. Con lo anterior podemos decir que la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de recursos.

Entonces, la eficiencia es la forma en que se usan los recursos de la empresa, tanto humanos, materiales, tecnológicos, etc. y la eficacia mide el grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares; por lo tanto decimos que la eficiencia y la eficacia son indicadores importantes para la medición y simplificación del trabajo. La forma de medir la productividad empleando estos indicadores es la siguiente:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Eficacia}}{\text{Eficiencia}} = \frac{\text{Valor} \rightarrow \text{Cliente}}{\text{Costo} \rightarrow \text{Productor}}$$

3.1.5 Caso Práctico

La compañía “El mundo Metálico”, proporciona los siguientes datos para los meses 1 y 2 sobre los productos que se fabricaron y los insumos que se consumieron en un período específico (ver tabla XXXI).

Tabla XXXI. **Costos incurridos por la empresa “El Mundo Metálico” en los meses 1 y 2; caso práctico 3.1.5**

Rubro	Mes 1	Mes 2
Producción	Q. 4,000.00	Q. 4,000.00
Insumo humano	Q. 1,200.00	Q. 800.00
Materiales	Q. 800.00	Q. 1,200.00
Capital	Q. 1,200.00	Q. 400.00
Energía	Q. 400.00	Q. 1,200.00
Otros Gastos	Q. 200.00	Q. 200.00

Fuente: elaboración propia

Se solicita entonces que se determine:

- a) La productividad parcial de cada insumo por mes
- b) La productividad de factor total
- c) La productividad total

Analice comparando resultados tanto del mes 1 como del mes 2.

Solución

- a) Calculando la productividad parcial para cada insumo (ver tabla XXXII en la página siguiente)

Tabla XXXII. **Productividad parcial estimada para la empresa “El Mundo Metálico”; caso práctico 3.1.5**

Productividad	Mes 1	Mes 2	Criterio
$PP_{\text{isumo humano}}$	$4000/1200 = 3.33$	$4000/800 = 5$	Aumentó
$PP_{\text{materiales}}$	$4000/800 = 5$	$4000/1200 = 3.33$	Disminuyó
PP_{Capital}	$4000/1200 = 3.33$	$4000/400 = 10$	Aumentó
$PP_{\text{Energía}}$	$4000/400 = 10$	$4000/1200 = 3.33$	Disminuyó
$PP_{\text{Otros Gastos}}$	$4000/200 = 20$	$4000/200 = 20$	Estable

Fuente: elaboración propia

b) Calculando la productividad del factor total

$$PFT_{\text{Mes 1}} = \frac{\text{Cantidad Producida}}{MO + \text{Capital}} = \frac{4000}{1200 + 1200} = 1.67$$

$$PFT_{\text{Mes 2}} = \frac{\text{Cantidad Producida}}{MO + \text{Capital}} = \frac{4000}{800 + 400} = 3.33$$

Se tiene un aumento de la productividad del factor total en relación al primer mes.

c) Calculando la productividad total

$$PT_{\text{Mes 1}} = \frac{\text{Cantidad Producida}}{\sum \text{Insumos}} = \frac{4000}{3800} = 1.05$$

$$PT_{\text{Mes 2}} = \frac{\text{Cantidad Producida}}{\sum \text{Insumos}} = \frac{4000}{3800} = 1.05$$






De acuerdo al análisis anterior podemos concluir que la productividad total de ambos meses se mantiene estable.

3.2 Práctica No. 2 Diseño del proceso (diagramas de operaciones y de procesos)

3.2.1 Definición de diagrama de proceso

Un diagrama de proceso es una representación gráfica la cual muestra los pasos o secuencia de actividades que se siguen dentro un procedimiento, identificándolos por medio de símbolos de acuerdo a su naturaleza. Este diagrama incluye toda la información que se considera necesaria para realizar el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada de materia y tiempo requerido, todo ello con la finalidad de descubrir y eliminar ineficiencias. Es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante cualquier proceso dado, estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes (ver tabla XXXIII en la página siguiente).

Tabla XXXIII. **Descripción de los distintos símbolos utilizados para la elaboración de los diagramas de proceso**

Símbolo	Ítem	Función
	Operación	Se usa para indicar una operación, se utiliza para referirse a cualquier acción tendiente a aumentar el valor de las materias primas.
	Inspección	Se usa para examinar o comprobar la calidad del trabajo.
	Demora	Este símbolo indica que se están esperando materias primas ó demora en el desarrollo de la producción.
	Traslado	Indica transporte o movimiento de las materias de una estación a otra.
	Almacenaje	El triángulo derecho indica almacenamiento del producto terminado materia prima, mientras que el triángulo invertido indica almacenamiento de materia prima.

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 118




3.2.2 Diagrama de operaciones del proceso (DOP)

Este tipo de diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, límites de tiempos y materiales que se emplean en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. Este diagrama también señala la entrada de todos los componentes y subcomponentes o subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. El diagrama de operaciones debe contener en su inicio un encabezado que contenga la siguiente información:

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO	
Empresa:	Hoja # de #
Departamento:	Fecha:
Analizado por:	Método:
Inicio:	Finaliza

Los símbolos utilizados en el Diagrama de Operaciones son los siguientes:

Tabla XXXIV. **Descripción de los símbolos utilizados para elaborar un diagrama de operaciones**

	Operación: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento; por lo común, la pieza, material o producto del caso que se modifica o cambia durante la operación.
	Inspección: Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas.
	Combinación: Indica el momento en el que se lleva a cabo una operación que a la vez está siendo inspeccionada.

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 118

3.2.3 Diagrama de flujo de proceso (DFP)

Este diagrama es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera esencial para el análisis, por ejemplo el tiempo necesario y la distancia recorrida. Proporciona una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso, ayuda a mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales. También sirve para disminuir las esperas, así como también para

comparar métodos, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio detallado.






Este diagrama entonces contiene más detalles que el DOP. Por medio de éste diagrama podemos determinar los costos ocultos, distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales, los cuales al ser analizados pueden ayudar al mejoramiento del proceso productivo en proceso.

El encabezado que utiliza es el mismo que el diagrama de operaciones del proceso:

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO	
Empresa:	Hoja # de #
Departamento:	Fecha:
Analizado por:	Método:
Inicio:	Finaliza

Los símbolos que utiliza también son los mismos que en el DOP, pero además contiene los siguientes (ver tabla XXXV).

Tabla XXXV. **Descripción de los símbolos que se emplean para elaborar un diagrama de flujo del proceso**

	<p>Transporte: Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro. Se considera transporte cuando la distancia recorrida es mayor o igual a 1.5 metros.</p>
	<p>Demora: Indica a un período de tiempo en el que se registra una inactividad ya sea en los trabajadores, materiales, equipo, puede ser evitable o también inevitable.</p>
	<p>Almacenamiento: Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.</p>
	<p>Líneas Verticales: Para indicar el flujo del proceso.</p>
	<p>Líneas horizontales: Para indicar la introducción o salida de materiales o materia prima, ya sea por compra, por trabajo hecho en otra operación.</p>

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 118

3.2.4 Diagrama de recorrido de proceso (DRP)

Se utiliza como un complemento del Diagrama de Flujo, especialmente cuando en el proceso interviene un espacio considerable. El Diagrama de Recorrido muestra todas las actividades que aparecen en el Diagrama de Flujo, muestra en planta el recorrido del proceso. Esta información, distribución en planta y las actividades del Diagrama de Flujo, sirve de guía para realizar un método mejorado, por ejemplo, revisiones del equipo de planta, acortar distancias, áreas para almacenamientos temporales, bodegas de producto terminado, de materia prima para la redistribución de la planta, etc.

En el Diagrama de Recorrido, cada actividad se localiza e identifica por símbolos y números correspondientes a los que se encuentran en el Diagrama de Flujo.

3.2.5 Caso práctico

La empresa “El Santo”, que se dedica a la fabricación de puertas de madera; contrató a un ingeniero industrial para que realice un estudio de las actividades que conlleva la fabricación de una puerta tipo colonial, y las operaciones son las siguientes:

Los materiales para la elaboración de una puerta son enviados de bodega hacia el departamento de producción (9 mts., 0.5 min.), un operario corta los pares verticales (7 min.), se traslada hacia cepillado (1 mts., 0.5 min.) donde se cepillan los pares verticales (8 min.) y se envían al área de pegado (1.5 mts. 0.5 min.). Al mismo tiempo que se envían los pares verticales, se preparan los horizontales donde otro operario los corta (10 min.), luego son enviados a cepillado (1.5 mts. 1 min.) donde son cepillados (10 min), después son enviados hacia el área de pegado (1.5 mts. 1 min.) donde se procede a pegar los pares verticales con los horizontales (15 min.), se espera que se seque la cola (15 min), luego se verifican si están bien pegados los pares para luego proceder a clavar; de lo contrario se regresan al área de pegado (6 min.), después se envía al área de forro “A” (1.6 mts. 0.8 min.). Mientras se cepillan los pares verticales se envía a bodega el forro “A”, el cual se procede a cortar (5 min.), luego se cepilla (4 min.), para poderlo enviar hacia el área de forro “A” (4 mts. 2 min), se pegan los pares con el forro “A” (7 min.) y se seca (15 min.), luego se verifica que esté bien pegado para proceder a clavar (6 min.), luego se envía al área de forro “B”. Mientras que se está cortando el forro “A”, es enviado de bodega el forro “B”, el cual se procede a cortar (5 min.), luego se cepilla (4

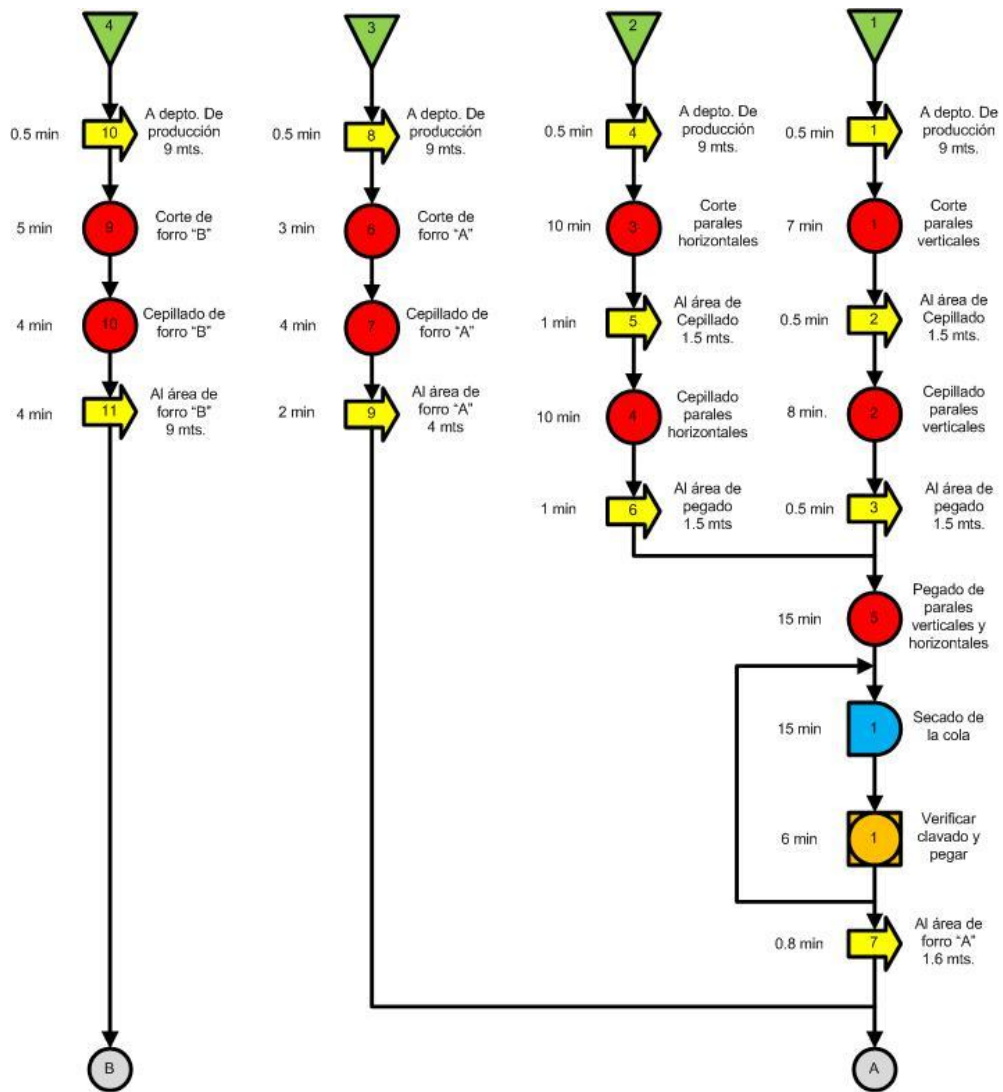
min.) para después enviarlo hacia el pegado con parales (9 mts. 4 min.), se pegan los parales con el forro "B" (7 min.), luego se seca (15 min.), luego se envían a una mesa donde se espera que se acumulen 5 puertas (5 min.), para después proceder a revisar que esté bien pegado para poder clavar los parales con el forro "B" (6 min.), luego se cepillan los extremos (10 min.), luego se rectifican las medidas (5 min.), para finalmente enviarla hacia bodega de producto terminado (1.5 mts. 0.5 min).

Se solicita entonces que realice los diagramas de flujo, operaciones y recorrido del proceso.

Solución

Figura 23. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 3.2.5

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO	
Empresa: “El Santo”	Hoja 1 de 2
Departamento: Producción	Fecha: 12/10/2009
Analizado por: Jairo Aldana	Método: Actual
Producto: Puerta estilo “Colonial”	Inicio: BMP; Finaliza: BPT



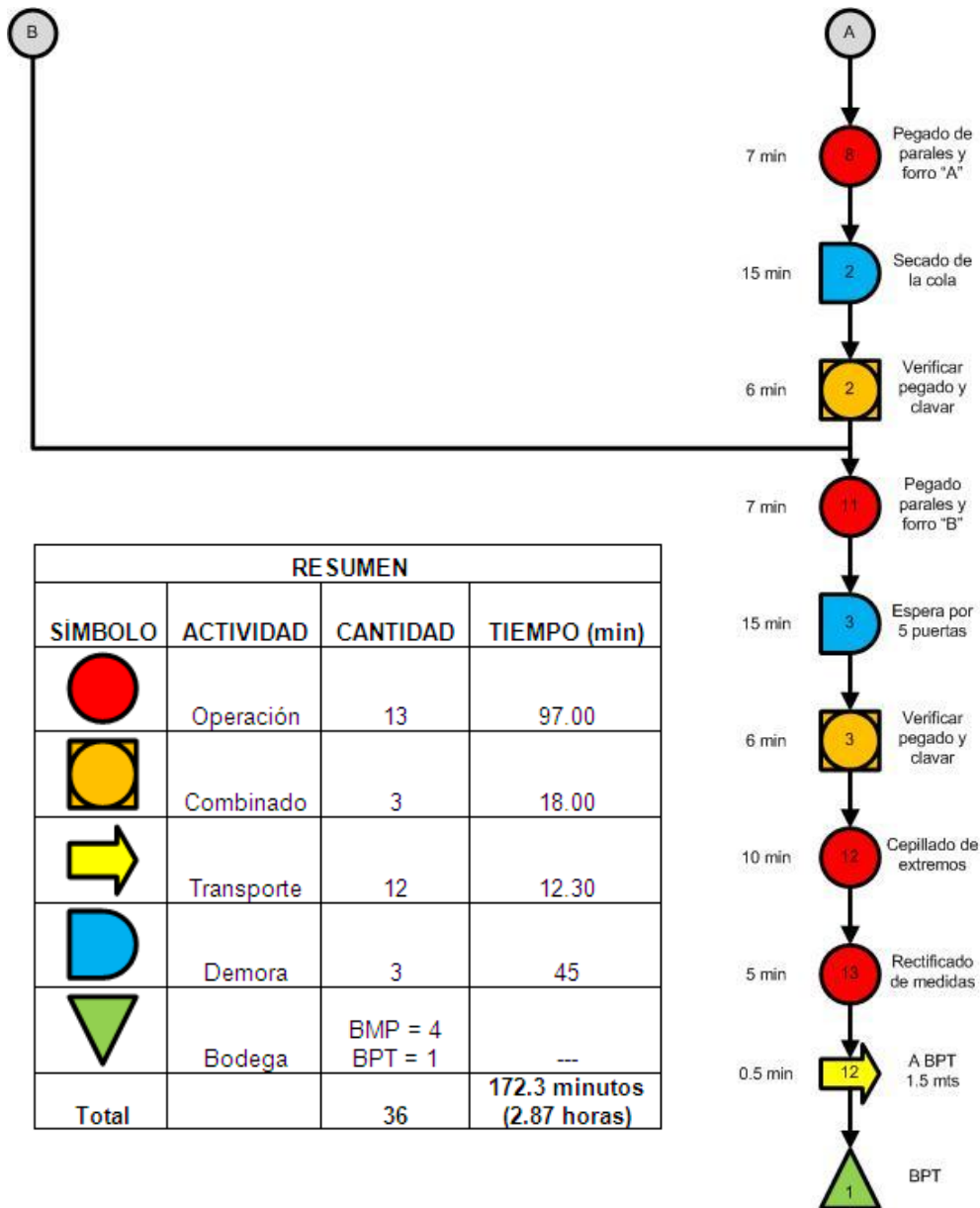
Fuente: elaboración propia

Continuación figura 23

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: "El Santo"
 Departamento: Producción
 Analizado por: Jairo Aldana
 Producto: Puerta estilo "Colonial"

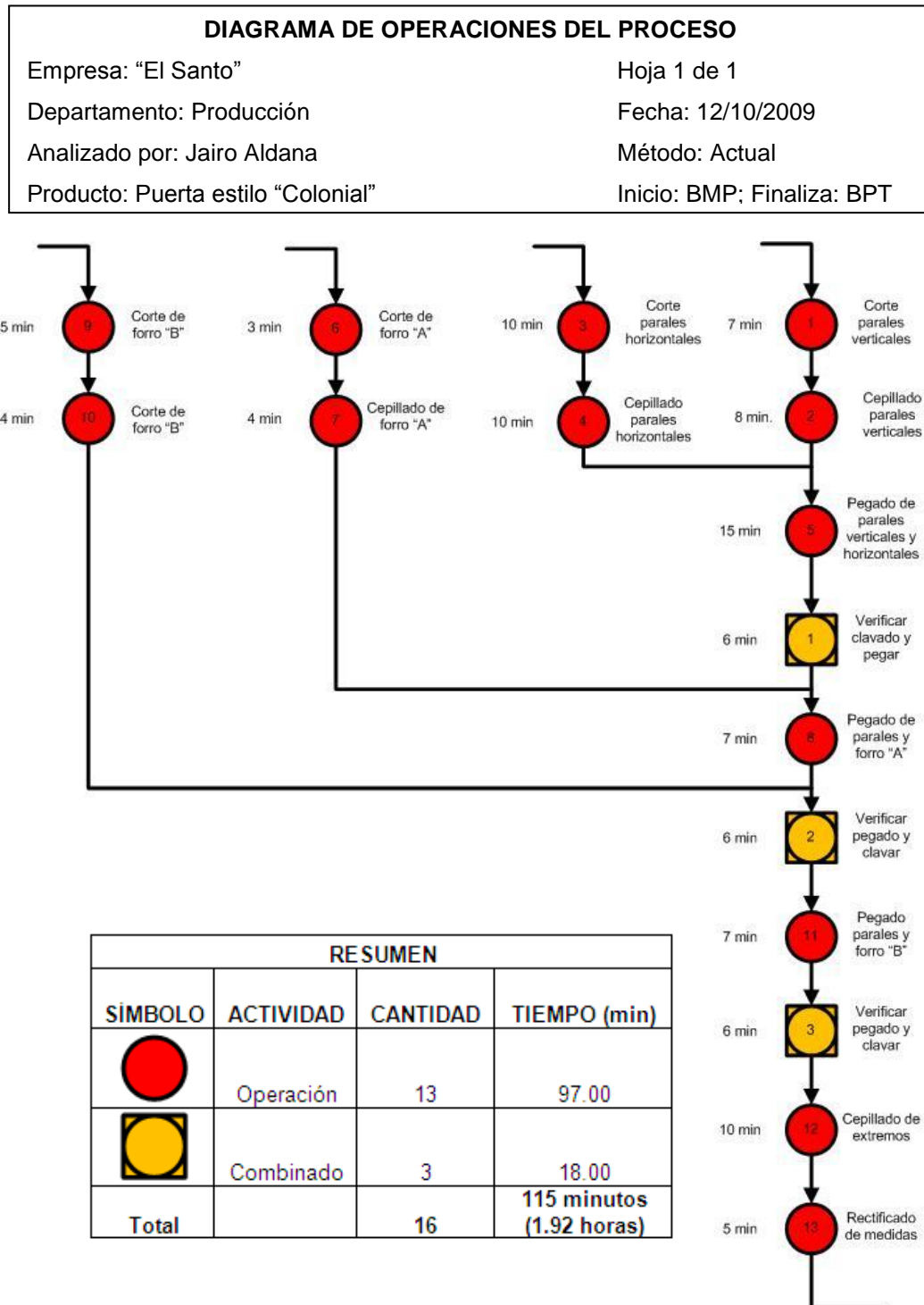
Hoja 2 de 2
 Fecha: 12/10/2009
 Método: Actual
 Inicio: BMP; Finaliza: BPT



RESUMEN			
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)
	Operación	13	97.00
	Combinado	3	18.00
	Transporte	12	12.30
	Demora	3	45
	Bodega	BMP = 4 BPT = 1	---
Total		36	172.3 minutos (2.87 horas)

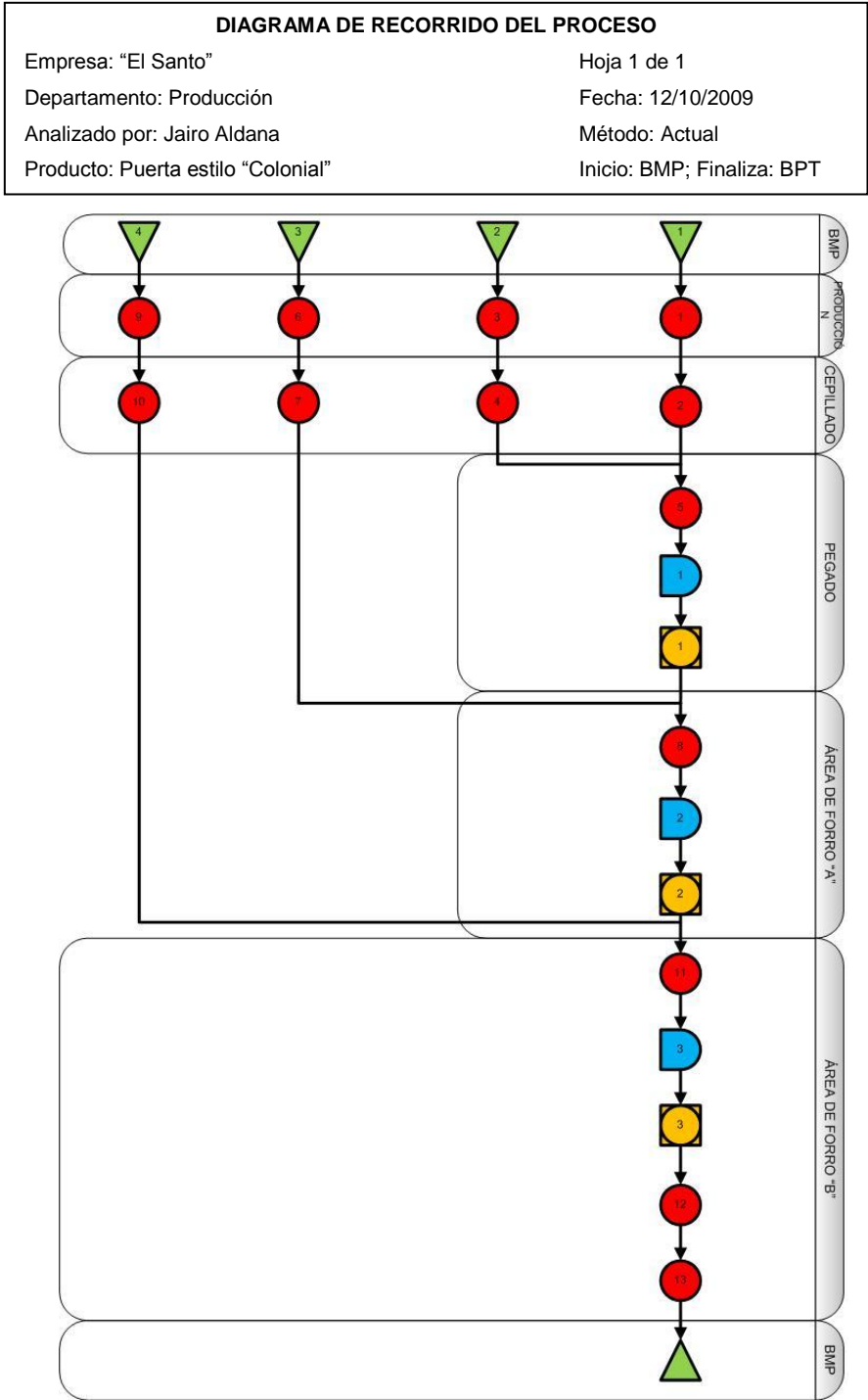
Fuente: elaboración propia

Figura 24. Diagrama de operaciones del proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 3.2.5



Fuente: elaboración propia

Figura 25. Diagrama de recorrido del proceso para la elaboración de una puerta tipo “colonial”; caso práctico 3.2.5



Fuente: elaboración propia

3.3 Práctica No. 3 Diagrama hombre-máquina

3.3.1 Aspectos generales

Este diagrama es la representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en las que intervienen hombres y máquinas, y que permite conocer el tiempo empleado por cada uno, es decir, conocer el tiempo usado por los hombres y el tiempo utilizado por las máquinas.

El diagrama se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez. Además aquí el tiempo es indispensable para llevar a cabo el balance de las actividades del hombre y de la máquina.

El diagrama indica la relación exacta en el tiempo entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de su máquina. Nos sirve para ver si existe tiempo ocioso del empleado lo cual puede servir si se usa este tiempo en aumentar más la productividad y que el trabajador incremente su salario.

Con estos hechos claramente expuestos, existen posibilidades de una utilización completa de los tiempos de hombre y de máquina y un mejor equilibrio del ciclo de trabajo.

El diagrama terminado muestra las áreas donde ocurre tiempo ocioso de la máquina y del trabajador, estas áreas son el punto de partida para hacer mejoras, pero se toma en cuenta el costo total del tiempo ocioso del operario en comparación con el de la máquina. Sólo se debe considerar un método sobre otro hasta haber considerado el costo total.

3.3.2 Estructura general de un diagrama hombre-máquina

La elaboración de un diagrama hombre-máquina deberá contener las siguientes partes:

a. Encabezado

- Objeto del diagrama
- Número de diagrama
- Número de dibujo
- Fecha
- Método (actual o mejorado)
- Número de pieza
- Lugar donde empieza
- Lugar donde termina

b. Cuerpo del diagrama

- Descripción de los elementos
- Tiempo del operario
- Máquina o máquinas a evaluar
- Tiempo de las operaciones
- Tiempo de ocio
- Tiempos muertos

c. Resumen

- En esta parte se colocan los tiempos, número de operaciones del operario, así como el tiempo de máquina o máquinas, además se coloca el tiempo improductivo del operario y el de la máquina.

3.3.3 Caso práctico

La fabricación de block requiere una sola operación de compactado, la cual es realizada automáticamente por una máquina que produce 12 blocks por ciclo. El día de hoy se recibió un pedido de 20,000 unidades y el ejecutivo de ventas ofreció entregar el pedido en 45 días. Los tiempos estimados para cada uno de los elementos de la operación son los siguientes:

Carga de mezcla	2 minutos
Compactado	5 minutos
Descarga de blocks	2 minutos
Inspeccionar	1 minuto
Traslado entre máquina	0.5 minuto

El ciclo utilizado en el cálculo de los costos se corrige aumentándole un suplemento del 10%. Se dispone de 1 operario y 2 máquinas. Los costos en los que se incurre son los siguientes:

- Sueldo del operador: Q.2, 200.00 mensuales;
- Costos variables de la máquina: Q5, 000.00 mensuales;
- Costo del material: Q. 18.00 la docena.

La empresa trabaja en jornada diurna de lunes a sábado y se tiene autorizado hasta un 20% de tiempo extra. Se desea encontrar el método de producción más económico para fabricar el pedido aplicando el método de diagrama hombre-máquina. Se solicita entonces determinar:

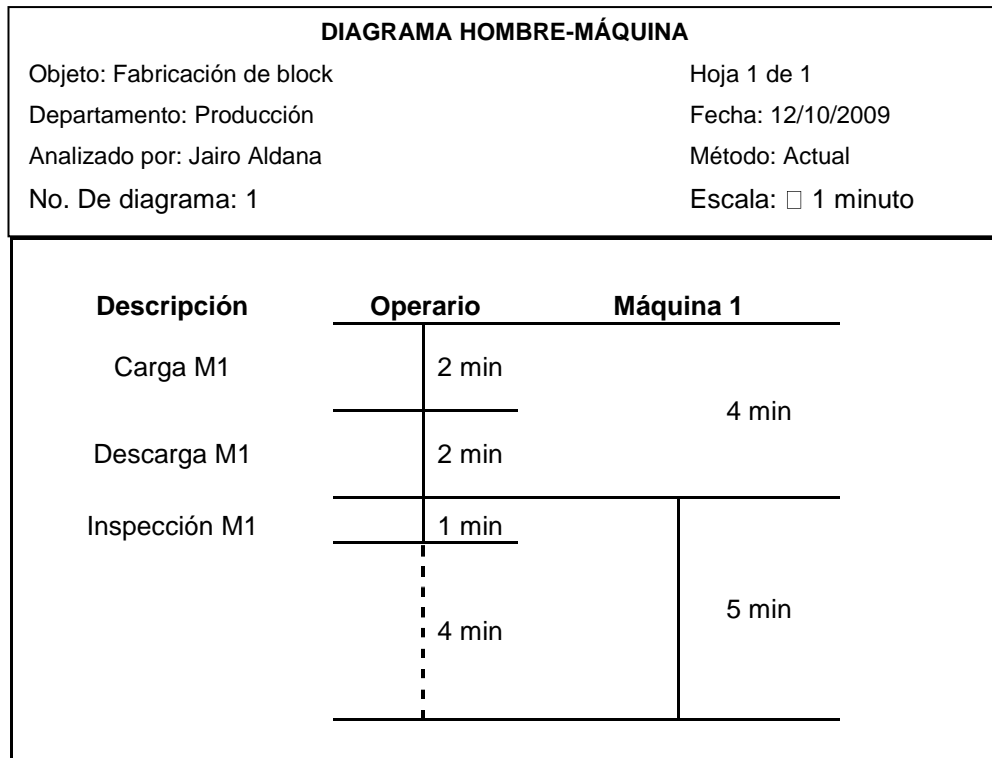
- ¿Se puede o no cumplir con el ofrecimiento del ejecutivo de ventas?
- ¿En cuánto tiempo se puede entregar el pedido?

- ¿Cuál es el costo por cada block?
- Si la empresa desea obtener una utilidad del 40% y un 5% del precio de venta correspondiente a la comisión del ejecutivo de ventas, ¿Cuánto vale cada block?

Solución

Ya que tenemos toda la información necesaria, para darle solución a este problema debemos primero realizar el diagrama hombre-máquina, realizaremos el diagrama utilizando solo una máquina para analizar los costos totales. Luego emplearemos ambas máquinas y realizaremos el mismo análisis para tomar una decisión, por lo tanto tenemos:

Figura 26. **Diagrama hombre – máquina para la fabricación de blocks (empleando una sola máquina); caso práctico 3.3.3**



Fuente: elaboración propia

Tiempo del ciclo = 9 minutos.

Tiempo de ocio = 4 minutos.

% de utilización de la máquina = $5 / 9 = 55.55\%$

% de utilización del operario = $5 / 9 = 55.55\%$

Ya teniendo la información anterior vamos a proceder a calcular los tiempos y costos en los que se incurrirá para producir los 20,000 blocks. Se sabe que en cada tiraje de la máquina se pueden producir 12 blocks por tanda, entonces tenemos lo siguiente:

➤ Tiempo de ciclo

Se sabe que al ciclo se le puede dar un suplemento del 10%, entonces:

$$9 \text{ minutos} * 1.10 = 9.9 \text{ minutos/tiraje}$$

➤ Piezas / hora

Para calcular el número de blocks a producir por hora tenemos:

$$\frac{60 \text{ min}}{9.9 \text{ tirajes/min}} = 6.06 \frac{\text{tirajes}}{\text{hora}} * 12 \frac{\text{blocks}}{\text{tiraje}} = 72.72 \text{ blocks/hora}$$

➤ Demanda

Se sabe que el pedido es de 20,000 unidades, por lo que debemos determinar el tiempo necesario para producirlas, para eso debemos realizar el siguiente cálculo:

$$\frac{20,000 \text{ blocks}}{72.72 \frac{\text{blocks}}{\text{hora}}} \approx 275 \text{ horas}$$

Entonces, según el resultado de la operación anterior, se requieren 275 horas para fabricar las 20,000 unidades demandadas.

➤ Tiempo disponible

Se sabe que el ejecutivo de ventas ofreció entregar el pedido en 45 días hábiles, por lo que se tienen 6 semanas disponibles para cumplir con el

pedido. Se sabe que la empresa labora en jornada diurna, por lo que se disponen de 44 horas por semana, entonces el tiempo que se tiene disponible en horas es:

$$6 \text{ semanas} * \frac{44 \text{ horas}}{1 \text{ semana}} = 264 \text{ horas}$$

Se sabe también que se puede trabajar un 20% más en horario extraordinario, entonces:

$$264 \text{ horas} * 0.20 = 52.8 \text{ horas}$$

Por lo tanto se disponen de 264 horas para horario normal y 52.8 horas extraordinarias. Para cubrir las horas necesarias tomaremos el total de las 264 horas en tiempo normal más 11 horas del tiempo extraordinario. Se sabe que el sueldo del operario es de Q.2, 200.00 al mes, por lo que debemos calcular el pago por hora tanto en tiempo normal como en tiempo extra, tomando en cuenta que se laboran 44 horas a la semana pero se pagan 48 horas, tenemos:

$$\text{Sueldo Operario} = \frac{Q2,200}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{4 \text{ semanas}} * \frac{1 \text{ semana}}{48 \text{ horas}} = \frac{Q11.46}{\text{hora}}$$

$$\text{Sueldo Tiempo Extra} = Q 11.46 * 1.5 = 17.19/\text{hora}$$

Sueldo en tiempo normal = Q. 11.46 / hora

Sueldo en tiempo extra = Q17.19 / hora

➤ Cálculo de costos

Ya teniendo el sueldo por hora del operario y los costos tanto de la maquinaria como de la materia prima procedemos a calcular los siguientes costos:

Costo operario

$$\text{Costo}_{\text{Operario}} = (264 \text{ horas}) \left(\frac{Q. 11.46}{\text{hora}} \right) + 11 \text{ horas} \left(\frac{Q17.19}{\text{hora}} \right)$$

$$\text{Costo}_{\text{Operario}} = Q. 3,214.53$$

Costo del material

$$\text{Costo}_{\text{Material}} = 20,000 \text{ blocks} * \frac{Q18.00}{12 \text{ blocks}} = Q. 30,000.00$$

Costo variable de la máquina

Se sabe que el costo variable de la maquinaria es de Q. 5,000.00 al mes, por lo que debemos calcular el costo por hora así:

$$\frac{Q. 5,000}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{4 \text{ semanas}} * \frac{1 \text{ semana}}{44 \text{ horas}} = Q28.41/\text{hora}$$

$$\text{Costo}_{\text{Maquinaria}} = Q. \frac{28.41}{\text{hora}} (264 + 11) \text{ horas} = Q. 7,812.75$$

Costo total

Ahora debemos calcular el costo total de la producción como sigue:

$$Costo_{Total} = Costo_{Operario} + Costo_{Material} + Costo_{Maquinaria}$$

$$Costo_{Total} = Q. 3,214.53 + Q. 30,000 + Q. 7,812.75 = Q41,027.28$$

Ya teniendo los costos totales, procedemos a contestar los cuestionamientos solicitados por el problema:

a) ¿Se puede o no cumplir con el ofrecimiento del ejecutivo de ventas?

Se sabe que la empresa labora 8 horas al día, por lo que también adicionalmente se puede trabajar un 20% más del tiempo normal, por lo tanto:

$$\frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} * (100\% + 20\%) = 9.6 \text{ horas/día}$$

Se sabe que la eficiencia de la máquina es de 72.72 blocks por hora por lo que la empresa puede producir 698 blocks/día. Entonces:

$$\frac{20,000 \text{ blocks}}{698 \text{ blocks/día}} = 28.65 \text{ días} \approx 29 \text{ días}$$

Por lo que se puede cumplir con el pedido en 29 días.

b) En cuanto tiempo se puede entregar el pedido

Como se calculo en el inciso anterior, el pedido será entregado en 29 días hábiles

c) Cuál es el costo del block

Se sabe que el costo total es de Q. 41,027.28, por lo que el costo de cada block es:

$$\text{Costo}_{\text{unitario}} = Q. \frac{41,027.28}{20,000} = Q. 2.05 / \text{block}$$

d) Si la empresa desea obtener una utilidad del 40% y un 5% del precio de venta correspondiente a la comisión del ejecutivo de ventas, ¿Cuánto vale cada block?

$$\text{Costo}_{\text{unitario}} = 2.05(100\% + 40\% + 5\%)$$

$$\text{Costo}_{\text{unitario}} = 2.05(1 + 0.40 + 0.05)$$

$$\text{Costo}_{\text{unitario}} = Q. 2.97$$

El precio de venta de cada block debe ser de Q.2.97

Ya que contestamos a los cuestionamientos anteriores, debemos realizar de nuevo el diagrama hombre-máquina, solo que esta vez vamos a emplear las dos máquinas que se tienen disponibles. Esto es para analizar los costos y ver si es mejor utilizar solo una máquina o ambas.

Figura 27. **Diagrama hombre – máquina para la fabricación de blocks (empleando dos máquinas); caso práctico 3.3.3**

DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA			
Objeto: Fabricación de block		Hoja 1 de 1	
Departamento: Producción		Fecha: 12/10/2009	
Analizado por: Jairo Aldana		Método: Actual	
No. De diagrama: 1		Escala: □ 1 minuto	
Descripción	Operario	Máquina 1	Máquina 2
Carga M1	2 min	4 min	
Descarga M1	2 min		
Inspección M1	1 min	5 min	
Traslada a M2	0.5 min		
Carga M2	2 min	2 min	
Descarga M2	2 min	2 min	
Inspección M2	1 min	(11 min)	
Traslada a M 1	0.5 min		

Fuente: elaboración propia

Tiempo del ciclo = 11 minutos.

% de utilización de la máquina = $5 / 11 = 45.45\%$

% de utilización del operario = $11 / 11 = 100\%$ (sobrecargado)

➤ Tiempo de ciclo

Se sabe que al ciclo se le puede dar un suplemento del 10%, entonces:

$$11 \text{ minutos} * 1.10 = 12.1 \text{ minutos/tiraje}$$

➤ Piezas / hora

Para calcular el número de blocks a producir por hora tenemos:

$$\frac{60 \text{ min}}{12.1 \text{ tirajes/min}} = 4.96 \frac{\text{tirajes}}{\text{hora}} * 12 \frac{\text{blocks}}{\text{tiraje}} = 59.52 \text{ blocks/hora}$$

➤ Demanda

Se sabe que el pedido es de 20,000 unidades, por lo que debemos determinar el tiempo necesario para producirlas, para eso debemos realizar el siguiente cálculo:

$$\frac{20,000 \text{ blocks}}{59.52 \frac{\text{blocks}}{\text{hora}}} \approx 336 \text{ horas}$$

Entonces, según el resultado de la operación anterior, se requieren 336 horas para fabricar las 20,000 unidades demandadas.

➤ Tiempo disponible

Sabíamos de cálculos anteriores que disponemos de un total de 264 horas en tiempo normal y de 52.8 horas en tiempo extra, sumando un

total de 316.8 horas disponibles, por lo que éstas no son suficientes para cubrir las 336 horas requeridas.

Se recomienda entonces que la empresa emplee solo una máquina para cubrir el pedido, ya que se incurre en un costo menor, se trabaja con un eficiencia del 55.55%, ya que como se logro observar al realizar el análisis con ambas máquinas, la eficiencia bajó a un 45.45%.

Entonces, la empresa logra cubrir el pedido en 29 días hábiles con un costo total de Q. 41,027.28.00., vendiendo cada block al Q. 2.97 para así obtener la utilidad deseada del 45%.

3.4 Práctica No. 4 Diagrama bimanual y estudio de movimientos

3.4.1 Antecedentes del estudio de movimientos

Frank Bunker Gilberth fue el fundador de la técnica para el estudio de movimientos, la cual se puede definir como el estudio de los movimientos del cuerpo humano que se utilizan para realizar una determinada actividad, con el fin de mejorar ésta, eliminando los movimientos que se consideren innecesarios y simplificarlos, para así establecer una secuencia de movimientos que sean más favorables para obtener una mejor eficiencia.

A los Gilberth, Frank y su esposa Lillian, se les debe el descubrimiento y desarrollo del estudio de movimientos, ya que permite aumentar la capacidad de producción, reducir la fatiga e instruir a los nuevos operarios acerca de un mejor método para llevar a cabo la operación.

3.4.2 Descripción del estudio de movimientos

El estudio de movimientos se utiliza para analizar un método determinado y ayudar para que un centro de trabajo sea eficiente. Para llevar a cabo dicho estudio o análisis se disponen de varias técnicas: el diagrama Bimanual, el análisis de movimientos básicos y los principios de la economía de movimientos.

El estudio de movimientos se puede definir como el análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo humano al ejecutar una operación o trabajo. Su objetivo es eliminar o reducir aquellos movimientos ineficientes y facilitar o acelerar los eficientes. Por medio del estudio de movimientos, el trabajo se lleva a cabo con mayor facilidad permitiendo aumentar el índice de productividad.

3.4.3 Movimientos fundamentales

Frank Gilberth denominó “therblig” (su apellido escrito al revés) a cada uno de los movimientos fundamentales que realiza el ser humano al efectuar cualquier actividad, y concluyó que toda operación se compone de una serie de movimientos básicos, los cuales son:

- **Buscar:** es la parte del ciclo durante la cual los ojos o las manos tratan de encontrar un objeto. Comienza en el instante en que los ojos se dirigen o mueven en un intento de localizar un objeto, y termina en el instante en que se fijan en el objeto encontrado. Buscar es un therblig que el analista debe tratar de eliminar siempre.

- **Seleccionar:** es el therblig que se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza de entre dos o más semejantes. También es considerado ineficiente.
- **Tomar (o asir):** es el movimiento elemental que hace la mano al cerrar los dedos rodeando una pieza o parte para asirla en una operación. Es un therblig eficiente y, por lo general, no puede ser eliminado, aunque en muchos casos se puede mejorar.
- **Alcanzar:** corresponde al movimiento de una mano vacía, sin resistencias hacia un objeto o retirándola de él. Puede clasificarse como un therblig objetivo y, generalmente, no puede ser eliminado del ciclo del trabajo. Sin embargo, sí puede ser reducido acortando las distancias requeridas para alcanzar y dando ubicación fija a los objetos.
- **Mover:** comienza en cuanto la mano con carga se mueve hacia un sitio o ubicación general, y termina en el instante en que el movimiento se detiene al llegar a su destino. El tiempo requerido para mover depende de la distancia, del peso que se mueve y del tipo de movimiento. Es un therblig objetivo y es difícil eliminarlo del ciclo de trabajo.
- **Sostener:** es la división básica que tiene lugar cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra mano ejecuta trabajo útil. Es un therblig ineficiente y puede eliminarse, por lo general, del ciclo de trabajo.
- **Soltar:** es la división básica que ocurre cuando el operario abandona el control del objeto.
- **Colocar en posición (posicionar):** tiene efecto como duda o vacilación mientras la mano, o las manos, tratan de disponer la pieza de modo que el siguiente trabajo pueda ejecutarse con más facilidad, de hecho el colocar en posición puede ser la combinación de varios movimientos muy rápidos.
- **Precolocar en posición (pre-posicionar):** es un elemento de trabajo que consiste en colocar un objeto en un sitio predeterminado, de manera que

pueda tomarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite.

- Inspeccionar: es un elemento incluido en la operación para asegurar una calidad aceptable mediante una verificación regular realizada por el trabajador que efectúa la operación.
- Ensamblar: es la división básica que ocurre cuando se reúnen dos piezas embonantes. Es objetivo y puede ser más fácil mejorarlo que eliminarlo.
- Desensamblar: ocurre cuando se separan piezas embonantes unidas. Es de naturaleza objetiva y las posibilidades de mejoramiento son más probables que la eliminación del therblig.
- Usar: es completamente objetivo y tiene lugar cuando una o las dos manos controlan un objeto durante el ciclo en que se ejecuta trabajo productivo.
- Demora (o retraso) inevitable: corresponde al tiempo muerto en el ciclo de trabajo experimentando por una o ambas manos, según la naturaleza del proceso.
- Demora (o retraso) evitable: es todo tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que sólo el operario es responsable, intencional o no intencionalmente.

3.4.4 Principios de la economía de movimientos

Los principios de la economía de movimientos también fueron desarrollados por los Gilberth y completados por Ralph Barnes. Estas leyes o principios son aplicables a cualquier tipo de actividad. Estos se agrupan en tres categorías: relativos al uso del cuerpo humano, disposición y condiciones del lugar de trabajo y diseño de herramientas y equipo.

A. Relativos al uso del cuerpo humano

- Ambas manos deben comenzar y terminar simultáneamente los elementos o divisiones básicas de trabajo, y no deben estar inactivas al mismo tiempo, excepto durante los periodos de descanso.
- Los movimientos de las manos deben ser simétricos y efectuarse simultáneamente al alejarse del cuerpo y acercándose a éste.
- Siempre que sea posible debe aprovecharse el impulso o ímpetu físico como ayuda al operario, y reducirse a un mínimo cuando haya que ser contrarrestado mediante su esfuerzo muscular.
- Son preferibles los movimientos continuos en línea curva en vez de los rectilíneos que impliquen cambios de dirección repentinos y bruscos.
- Deben emplearse el menor número de elementos o therbligs, y éstos se deben limitar a los del más bajo orden o clasificación posible. Estas clasificaciones, enlistadas en orden ascendente del tiempo y el esfuerzo requeridos para llevarlas a cabo, son:
 - Movimientos de dedos;
 - Movimientos de dedos y muñeca;
 - Movimientos de dedos, muñeca y antebrazo;
 - Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo y brazo;
 - Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo, brazo y todo el cuerpo.
- Debe procurarse que todo trabajo que pueda hacerse con los pies se ejecute al mismo tiempo que el efectuado con las manos.
- Los dedos cordial y pulgar son los más fuertes para el trabajo.
- Los pies no pueden accionar pedales eficientes cuando el operario está de pie.
- Los movimientos de torsión deben realizarse con los dedos flexionados.

- Para asir herramientas deben emplearse las falanges, o segmentos de los dedos, más cercanos a la palma de la mano.

B. Disposición y condiciones del lugar de trabajo

- Deben destinarse sitios fijos para toda herramienta y todo material.
- Hay que utilizar depósitos con alimentación por gravedad y entrega por caída o deslizamiento para reducir los tiempos de alcanzar y mover.
- Todos los materiales y las herramientas deben ubicarse dentro del perímetro normal de trabajo, tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- Conviene proporcionar un asiento cómodo al operario.
- Se debe contar con el alumbrado, la ventilación y la temperatura adecuados.
- Deben tenerse en consideración los requisitos visuales o de visibilidad en la estación de trabajo.
- Un buen ritmo es esencial para llevar a cabo suave y automáticamente una operación.

C. Diseño de herramientas y equipo

- Deben efectuarse, siempre que sea posible, operaciones múltiples de las herramientas combinando dos o más de ellas en una sola
- Todas las palancas, manijas, volantes y otros elementos de manejo deben estar fácilmente accesibles al operario
- Las piezas en trabajo deben sostenerse en posición por medio de dispositivos de sujeción

- Investigue siempre la posibilidad de utilizar herramientas mecanizadas o semiautomáticas, como aprieta tuercas y destornilladores motorizados y llaves de tuerca de velocidad, etc.

El analista de tiempos y métodos debe tener conocimiento sobre las leyes de la economía de movimientos de manera que pueda identificar rápidamente las ineficiencias en el método utilizado, inspeccionando de manera rápida pero eficiente el lugar de trabajo y la operación, para así lograr el mayor aprovechamiento del lugar de trabajo y aumentar la productividad.

3.4.5 Diagrama bimanual

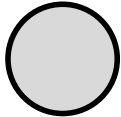
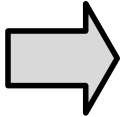
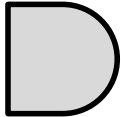

El diagrama bimanual es la representación gráfica que permite mostrar todos los movimientos realizados por la mano derecha y por la mano izquierda y la relación que existe entre ellos. El diagrama sirve primordialmente para identificar y analizar operaciones repetitivas, en cuyo caso se registra un solo ciclo completo de trabajo. Para representar los movimientos se utilizan los mismos símbolos empleados con los diagramas de proceso, pero se les atribuye un distinto significado para que abarquen más detalles.

Una observación importante es que en este diagrama no se utiliza el símbolo de inspección, ya que durante la inspección de un objeto o pieza (mientras se sostiene, mira, o se mide) los movimientos que realiza la mano del operario son operaciones para efectos del diagrama; mas sin embargo, a veces resulta de mucha ayuda emplear el símbolo de inspección cuando se debe hacer énfasis en examinar algo.

3.4.6 Símbolos del diagrama bimanual

Los símbolos utilizados para realizar el diagrama bimanual son los siguientes (ver tabla XXXVI).

Tabla XXXVI. **Símbolos empleados para la elaboración de un diagrama bimanual**

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	SÍMBOLO
Operación	Se usa para los actos de tomar, asir, sujetar, utilizar, etc. una herramienta, pieza o material.	
Transporte	Se emplea para representar el movimiento de la mano hasta el trabajo, herramienta o material o desde uno de ellos.	
Demora	Se usa para indicar el tiempo en que la mano no trabaja (aunque la otra sí)	
Sostenimiento o Almacenamiento	Con estos diagramas no se emplea el término de almacenamiento, y el símbolo correspondiente se usa para indicar el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material con la mano cuya actividad se está consignando.	

Fuente: elaboración propia

3.4.7 Pasos para realizar una diagrama bimanual

Cuando se elabora un diagrama Bimanual se recomienda tener presente las siguientes observaciones:

- a) Estudiar el ciclo de las operaciones varias veces antes de comenzar con los registros;
- b) Registrar una sola mano cada vez;
- c) Registrar unos pocos símbolos cada vez;
- d) El momento de recoger o asir otra pieza al comienzo de un ciclo de trabajo se presta para iniciar las anotaciones. Es conveniente iniciar el análisis de la operación por la mano que coge la pieza primero o por la que ejecuta más trabajo. Da el mismo punto exacto de partida que se elija, ya que al completar el ciclo se llegará nuevamente allí, pero debe fijarse claramente;
- e) Registrar las acciones en el mismo renglón cuando tienen lugar al mismo tiempo;
- f) Las acciones que tienen lugar sucesivamente deben registrarse en renglones distintos. Verifíquese si en el diagrama la sincronización entre las dos manos corresponde a la realidad;
- g) Procure registrar todo lo que hace el operario y evítese combinar las operaciones con transportes o colocaciones, a no ser que ocurran realmente al mismo tiempo.

3.4.8 Caso práctico

La empresa "BXJ", la cual se dedica a la fabricación de bolígrafos solicita sus servicios para la elaboración de un diagrama Bimanual, para el ensamble de un bolígrafo se tiene la siguiente secuencia de operaciones:

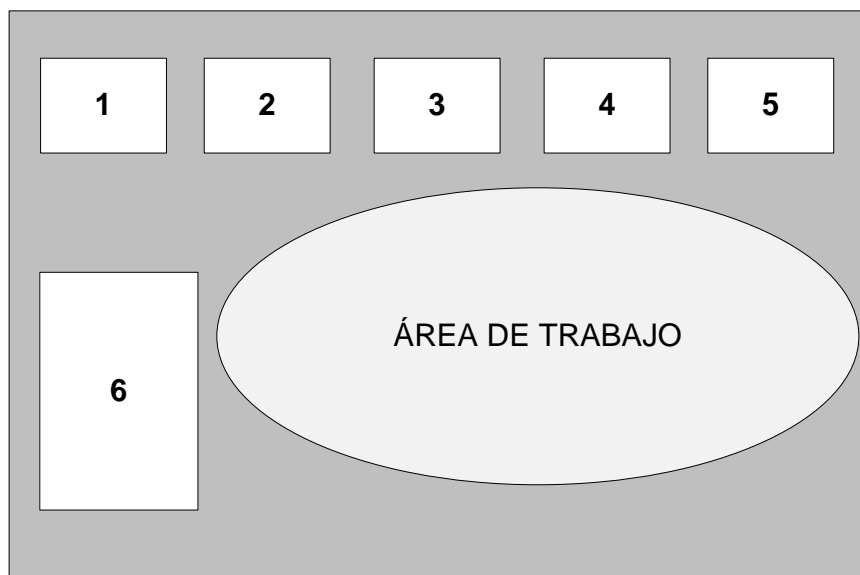
- La mano izquierda alcanza el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha la carga que contiene la tinta del bolígrafo (1.00 seg.);
- La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha introduce la carga en el cuerpo del bolígrafo (1.05 seg.);
- La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha alcanza el tapón pequeño del cuerpo del bolígrafo (1.00 seg.);
- La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha enrosca el tampón pequeño en el cuerpo del bolígrafo (3.50 seg.);
- La mano izquierda voltea el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha alcanza el puntero (0.90 seg.);
- La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha enrosca el puntero (3.40 seg.);
- La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha alcanza el tapón grande (1.80 seg.);
- La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha coloca el tapón grande (2.10 seg.);
- La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha espera (1.30 seg.);
- La mano izquierda coloca el bolígrafo en la caja de producto terminado y la mano derecha espera (1.90 seg.).

Se solicita entonces que realice un diagrama Bimanual para el análisis de la operación indicada.

Solución

Primero debemos realizar un croquis o diagrama de la estación de trabajo (ver figura 28), esto es para establecer el área de trabajo y donde están localizadas las piezas necesarias para armar el bolígrafo; entonces, el diagrama de la estación de trabajo nos queda así:

Figura 28. **Diagrama de la estación de trabajo para la elaboración de un bolígrafo en la empresa “BXJ”; caso práctico 3.4.8**



Fuente: elaboración propia

En donde:

- 1: Cuerpo del bolígrafo
- 2: Carga que contiene la tinta
- 3: Tapón pequeño del cuerpo del bolígrafo
- 4: Puntero
- 5: Tapón grande
- 6: Caja de producto terminado

Ya teniendo el dibujo de la estación de trabajo, procedemos con la realización del diagrama bimanual como sigue:

Tabla XXXVII. **Diagrama bimanual para la elaboración de un bolígrafo en la empresa “BXJ”; caso práctico 3.4.8**

DIAGRAMA BIMANUAL											
Empresa: BXJ Departamento: Producción Analizado por: Jairo Aldana Operación: Ensamble de bolígrafo.						Hoja 1 de 1 Fecha: Enero 2010 Método: Actual Operador: Linn McGill					
Mano Izquierda	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	Tiempo (seg.)	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	Mano derecha	
Alcanza cuerpo de bolígrafo	○	↑	▽	D	1.00	○	↑	▽	D	Alcanza carga de la tinta	
Sostiene cuerpo de bolígrafo	○	↑	▶	D	1.05	●	↑	▽	D	Introduce la carga en cuerpo	
Sostiene cuerpo de bolígrafo	○	↑	▶	D	1.00	○	↑	▽	D	Alcanza tapón pequeño	
Sostiene cuerpo de bolígrafo	○	↑	▶	D	3.50	●	↑	▽	D	Enrosca tapón en cuerpo	
Voltea cuerpo de bolígrafo	●	↑	▽	D	0.90	○	↑	▽	D	Alcanza puntero	
Sostiene cuerpo de bolígrafo	○	↑	▶	D	3.40	●	↑	▽	D	Enrosca puntero	
Sostiene cuerpo de bolígrafo	○	↑	▶	D	1.80	○	↑	▽	D	Alcanza tapón grande	
Sostiene cuerpo de bolígrafo	○	↑	▶	D	2.10	●	↑	▽	D	Coloca tapón grande	
Sostiene cuerpo de bolígrafo	○	↑	▶	D	1.30	○	↑	▽	D	Espera	
Coloca bolígrafo en caja de PT	●	↑	▽	D	1.90	○	↑	▽	D	Espera	
					17.95						

Fuente: elaboración propia

El análisis del diagrama bimanual nos muestra que el tiempo total que se requiere para ensamblar un bolígrafo es de 17.95 segundos; pero, si analizamos cuidadosamente, notamos que al momento de colocar el tapón grande en el cuerpo del bolígrafo se tiene un movimiento ineficiente ya que la mano izquierda solamente sostiene el bolígrafo y la mano derecha espera (tiempo de 1.30 segundos), para después introducir el bolígrafo en la caja de producto terminado. Entonces vemos que resulta más eficiente que después de la operación de colocar el tapón grande al bolígrafo se debe colocar el mismo en la caja de producto terminado, así eliminamos un tiempo improductivo de 1.30 segundos, ya que ambas manos se quedan sin hacer mayor trabajo. Por lo que es recomendable un análisis posterior de la operación para eliminar dichos movimientos ineficientes.

3.5 Práctica No. 5 Ergonomía

3.5.1 Generalidades y campo de estudio de la ergonomía

Día a día las máquinas efectúan más y más trabajos, esta difusión de la mecanización y de la automatización acelera a menudo el ritmo de trabajo y puede llegar a causar en ocasiones que sea menos interesante. Por otra parte, todavía hay muchas tareas que se deben hacer manualmente, además del aumento de la mecanización, es que cada vez hay más trabajadores que padecen dolores de la espalda, dolores de cuello, inflamación de muñecas, brazos y piernas y tensión ocular.

La ergonomía se dedica a estudiar el trabajo en relación con el entorno en que se lleva a cabo (lugar de trabajo) y con quienes lo realizan (los trabajadores). Se utiliza para determinar cómo diseñar o adaptar el lugar de trabajo al operario a fin de evitar distintos problemas de salud y aumentar la

eficiencia. En otras palabras, sirve para hacer que el trabajo se adapte al trabajador en lugar de obligar al trabajador adaptarse a él. Un ejemplo sencillo es alzar la altura de una mesa de trabajo para que el operario no tenga que inclinarse innecesariamente para trabajar. El especialista en ergonomía, denominado ergonamista, estudia la relación entre el trabajador, el lugar de trabajo y el diseño del puesto de trabajo.

La aplicación de la ergonomía al lugar de trabajo reporta muchos beneficios evidentes para el trabajador, así como unas condiciones laborales más sanas y seguras; para el empleador, el beneficio más notable es el aumento de la productividad. La ergonomía es una ciencia de amplio alcance que abarca las distintas condiciones laborales que pueden influir en la comodidad y la salud del trabajador, comprendidos factores como la iluminación, el ruido, la temperatura, las vibraciones, el diseño del lugar en que se trabaja, el de las herramientas, el de las máquinas, el de los asientos y el calzado así como el puesto de trabajo, incluidos elementos como el trabajo en turnos, las pausas y los horarios de comidas.

Para muchos de los trabajadores de los países en desarrollo, los problemas ergonómicos no figuran en los problemas prioritarios en materia de salud y seguridad que deben resolverse, ya que estos problemas afectan a muchos trabajadores debido a un mal diseño del puesto de trabajo que hace que las cuestiones ergonómicas tengan importancia. A causa de la importancia y prevalencia de los problemas de salud relacionados con la inaplicación de las normas de la ergonomía en el lugar de trabajo, estas cuestiones se han convertido en puntos de negociación para muchos sindicatos.

La ergonomía aplica principios de biología, psicología, anatomía y fisiología para suprimir del ámbito laboral las situaciones que puedan provocar

en los trabajadores incomodidad, fatiga o mala salud. Se puede utilizar la ergonomía para evitar que un puesto de trabajo esté mal diseñado si se aplica cuando se concibe el diseño del puesto de trabajo, herramientas o lugares de trabajo. Así, por ejemplo, se puede disminuir grandemente, o incluso eliminar totalmente el riesgo de que un trabajador padezca lesiones del sistema oseomuscular si se le facilitan herramientas adecuadamente diseñadas desde el momento en que comienza una tarea que exige el empleo de herramientas manuales.

Hasta los últimos años, algunos trabajadores, sindicatos, empleadores, fabricantes e investigadores no habían empezado a prestar atención a cómo puede influir el diseño del lugar de trabajo en la salud de los trabajadores. Si no se aplican los principios de la ergonomía, las herramientas, las máquinas, el equipo y los lugares de trabajo se diseñan a menudo sin tener demasiado en cuenta el hecho de que las personas tienen distintas alturas, formas y tallas y distinta fuerza. Es importante considerar estas diferencias para proteger la salud y la comodidad de los trabajadores. Si no se aplican los principios de la ergonomía, a menudo los trabajadores se ven obligados a adaptarse a condiciones laborales deficientes. Es por ello que es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- Muchos trabajadores padecen lesiones y enfermedades provocadas por el trabajo manual y el aumento de la mecanización del trabajo.
- La ergonomía busca la manera de que el puesto de trabajo se adapte al trabajador, el lugar de obligar al trabajador a adaptarse a él.
- Se puede emplear la ergonomía para mejorar condiciones laborales deficientes. También para evitar que un puesto de trabajo esté mal

diseñado si se aplica cuando se concibe un lugar de trabajo, herramientas, maquinaria, etc.

- Si no se aplican los principios de la ergonomía, a menudo los trabajadores se ven obligados a adaptarse a condiciones laborales deficientes.

3.5.2 Lesiones y enfermedades habituales

A menudo los trabajadores no pueden escoger y se ven obligados a adaptarse a condiciones laborales mal diseñadas que pueden lesionar gravemente las manos, las muñecas, las articulaciones, la espalda u otras partes del organismo.

Concretamente, se pueden producir lesiones a causa de:

- El empleo repetido a lo largo del tiempo de herramientas y equipo vibratorios, por ejemplo martillos, pilones;
- Herramientas y tareas que exigen girar la mano con movimientos de las articulaciones, por ejemplo las labores que realizan muchos mecánicos;
- La aplicación de fuerza en una postura forzada;
- La aplicación de presión excesiva en partes de la mano, la espalda, las muñecas o las articulaciones;
- Trabajar con los brazos extendidos o por encima de la cabeza;
- Trabajar inclinado hacia adelante; y
- Empujar o levantar cargas pesadas.

Las lesiones y enfermedades provocadas por herramientas y lugares de trabajo mal diseñados o inadecuados se desarrollan habitualmente con lentitud a lo largo de meses o años. Ahora bien, normalmente un trabajador tendrá

señales y síntomas durante mucho tiempo que indiquen que hay algo que no va bien. Así, por ejemplo, el trabajador se encontrará incómodo mientras efectúa su labor o sentirá dolores en los músculos o las articulaciones una vez en casa después del trabajo. Además, puede tener pequeños tirones musculares durante bastante tiempo. Es importante investigar los problemas de este tipo porque lo que puede empezar como una mera incomodidad puede acabar en algunos casos en lesiones o enfermedades que incapaciten gravemente. Los trabajadores deben recibir información sobre lesiones y enfermedades asociadas al incumplimiento de los principios de la ergonomía para que puedan conocer qué síntomas buscar y si estos síntomas pueden estar relacionados con el trabajo que desempeñan.

En el siguiente cuadro (tabla XXXVIII) se describen algunas de las lesiones y enfermedades más habituales que causan las labores repetitivas o mal concebidas.

Tabla XXXVIII. **Causas de lesiones debido a la realización de actividades repetitivas**

1/2

LESIONES	SÍNTOMAS	CAUSAS TÍPICAS
Bursitis: inflamación de la cavidad que existe entre la piel y el hueso o el hueso y el tendón. Se puede producir en la rodilla, el codo o el hombro.	Inflamación en el lugar de la lesión.	Arrodillarse, hacer presión sobre el codo o movimientos repetitivos de los hombros.
Celulitis: infección de la palma de la mano a raíz de roces repetidos.	Dolores e inflamación de la palma de la mano	Empleo de herramientas manuales, como martillos y palas, junto con abrasión por polvo o suciedad.
Cuello u hombros tensos: inflamación del cuello y de los músculos y tendones de los hombros.	Dolor localizado en el cuello o en los hombros.	Tener que mantener una postura rígida.
Dedo engatillado: inflamación de los tendones y/o las vainas de los tendones de los dedos.	Incapacidad de mover libremente los dedos, con o sin dolor.	Movimientos repetidos, tener que agarrar objetos durante demasiado tiempo, con demasiada fuerza o con demasiada frecuencia.

Fuente: la salud y la seguridad en el trabajo, ergonomía, OIT, http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergoa.htm

LESIONES	SÍNTOMAS	CAUSAS TÍPICAS
Epicondilitis: inflamación de la zona en que se unen el hueso y el tendón. Se llama “codo de tenista” cuando sucede en el codo.	Dolor e inflamación en el lugar de la lesión.	Tareas repetitivas, a menudo en empleos agotadores como ebanistería, enyesado o colocación de ladrillos.
Ganglios: un quiste en la articulación o en una vaina del tendón. Normalmente, en el dorso de la mano o la muñeca.	Hinchazón dura, pequeña, redonda, que normalmente no produce dolor.	Movimientos repetitivos de la mano.
Osteoartritis: lesión de las articulaciones que provoca cicatrices en la articulación y que el hueso crezca en demasía.	Rigidez y dolor en la espina dorsal y el cuello y otras articulaciones.	Sobrecarga durante mucho tiempo de la espina dorsal y otras articulaciones.

Fuente: la salud y la seguridad en el trabajo, ergonomía, OIT, http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergoa.htm

3.5.3 Las lesiones por esfuerzos repetitivos ó LER

El trabajo repetitivo es una causa habitual de las lesiones y enfermedades del sistema oseomuscular (y relacionadas con la tensión). Las lesiones provocadas por el trabajo repetitivo se denominan generalmente lesiones provocadas por esfuerzos repetitivos (LER). Son muy dolorosas y pueden incapacitar permanentemente. En las primeras fases de una LER, el trabajador puede sentir únicamente dolores y cansancio al fin del turno de trabajo. Ahora bien, conforme empeora, puede padecer grandes dolores y debilidad en la zona del organismo afectada. Esta situación puede volverse permanente y avanzar hasta un punto tal que el trabajador no pueda

desempeñar ya sus tareas. Se pueden evitar las LER tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Suprimiendo todos los factores de riesgo de las tareas laborales;
- Disminuir el ritmo de trabajo;
- Trasladar al trabajador a otras tareas, o bien alternando tareas repetitivas con tareas no repetitivas a intervalos periódicos;
- Aumentar el número de pausas en una tarea repetitiva.

En algunos casos, países industrializados, a menudo se tratan las LER con intervenciones quirúrgicas. Ahora bien, importa recordar que no es lo mismo tratar con un problema que evitarlo antes de que ocurra. La prevención debe ser el primer objetivo, sobre todo porque las intervenciones quirúrgicas para remediar las LER dan malos resultados y, si el trabajador vuelve a realizar la tarea que provocó el problema, en muchos casos reaparecerán los síntomas, incluso después de la intervención.

3.5.4 El costo de las lesiones

Las lesiones causadas a los trabajadores por herramientas o puestos de trabajo mal diseñados pueden ser muy costosas por los dolores y sufrimientos que causan, por no mencionar las pérdidas financieras que suponen para los trabajadores y sus familias. Las lesiones son también costosas para los empleadores. Diseñar cuidadosamente una tarea desde el inicio, o rediseñarla, puede costar inicialmente a un trabajador algo de dinero, pero, a largo plazo, normalmente el empleador se beneficia financieramente. La calidad y la eficiencia de la labor que se realiza pueden mejorar. Pueden disminuir los costos de atención de salud y mejorar la moral del trabajador. En cuanto a los trabajadores, los beneficios son evidentes, la aplicación de los

principios de la ergonomía puede evitar lesiones o enfermedades dolorosas y que pueden ser invalidantes y hacer que el trabajo sea más cómodo y por lo tanto más fácil de realizar.

3.5.5 Los principios básicos de la ergonomía

Por lo general, es muy eficaz examinar las condiciones laborales de cada caso al aplicar los principios de la ergonomía para resolver o evitar problemas. En ocasiones, cambios ergonómicos, por pequeños que sean, del diseño del equipo, del puesto de trabajo o las tareas pueden mejorar considerablemente la comodidad, la salud, la seguridad y la productividad del trabajador. A continuación figuran algunos ejemplos de cambios ergonómicos que, de aplicarse, pueden producir mejoras significativas:

- Para labores minuciosas que exigen inspeccionar de cerca los materiales, el banco de trabajo debe estar más bajo que si se trata de realizar una labor pesada.
- Para las tareas de ensamble, el material debe estar situado en una posición tal que los músculos más fuertes del trabajador realicen la mayor parte de la labor.
- Hay que modificar o sustituir las herramientas manuales que provocan incomodidad o lesiones. A menudo, los trabajadores son la mejor fuente de ideas sobre cómo mejorar una herramienta para que sea más cómodo manejarla. Así, por ejemplo, las pinzas pueden ser rectas o curvadas, según convenga.
- Ninguna tarea debe exigir de los trabajadores que adopten posturas forzadas, como tener todo el tiempo extendidos los brazos o estar encorvados durante mucho tiempo.

- Hay que enseñar a los trabajadores las técnicas adecuadas para levantar pesos. Toda tarea bien diseñada debe minimizar cuánto y cuán a menudo deben levantar pesos los trabajadores.
- Se debe disminuir al mínimo posible el trabajo en pie, pues a menudo es menos cansado hacer una tarea estando sentado que de pie.
- Se deben rotar las tareas para disminuir todo lo posible el tiempo que un trabajador dedica a efectuar una tarea sumamente repetitiva, pues las tareas repetitivas exigen utilizar los mismos músculos una y otra vez y normalmente son muy aburridas.
- Hay que colocar a los trabajadores y el equipo de manera tal que los trabajadores pueden desempeñar sus tareas teniendo los antebrazos pegados al cuerpo todo el tiempo y con las muñecas rectas.

Ya sean grandes o pequeños los cambios ergonómicos que se discutan o pongan en práctica en el lugar de trabajo, es esencial que los trabajadores a los que afectarán esos cambios participen en las discusiones, pues su aportación puede ser de mucha utilidad para determinar qué cambios son necesarios y adecuados. Conocen mejor que nadie el trabajo que se realiza.

3.5.6 El puesto de trabajo

El puesto de trabajo es el lugar que un trabajador ocupa cuando desempeña una tarea. Puede estar ocupado todo el tiempo o ser uno de los varios lugares en que se efectúa el trabajo. Algunos ejemplos de puestos de trabajo son las cabinas o mesas de trabajo desde las que se manejan las máquinas, se ensamblan piezas o se efectúan inspecciones; una mesa de trabajo desde la que se maneja un ordenador, una consola de control, etc. Es importante que el puesto de trabajo esté bien diseñado para evitar enfermedades relacionadas con conducciones laborales deficientes, así como

para asegurar que el trabajo sea productivo. Hay que diseñar todo puesto de trabajo teniendo en cuenta al trabajador y la tarea que va a realizar a fin de que ésta se lleve a cabo cómodamente, sin problemas y eficientemente.

Si el puesto de trabajo está diseñado adecuadamente, el trabajador podrá mantener una postura corporal correcta y cómoda, lo cual es importante porque una postura laboral incómoda puede ocasionar múltiples problemas, entre ellos:

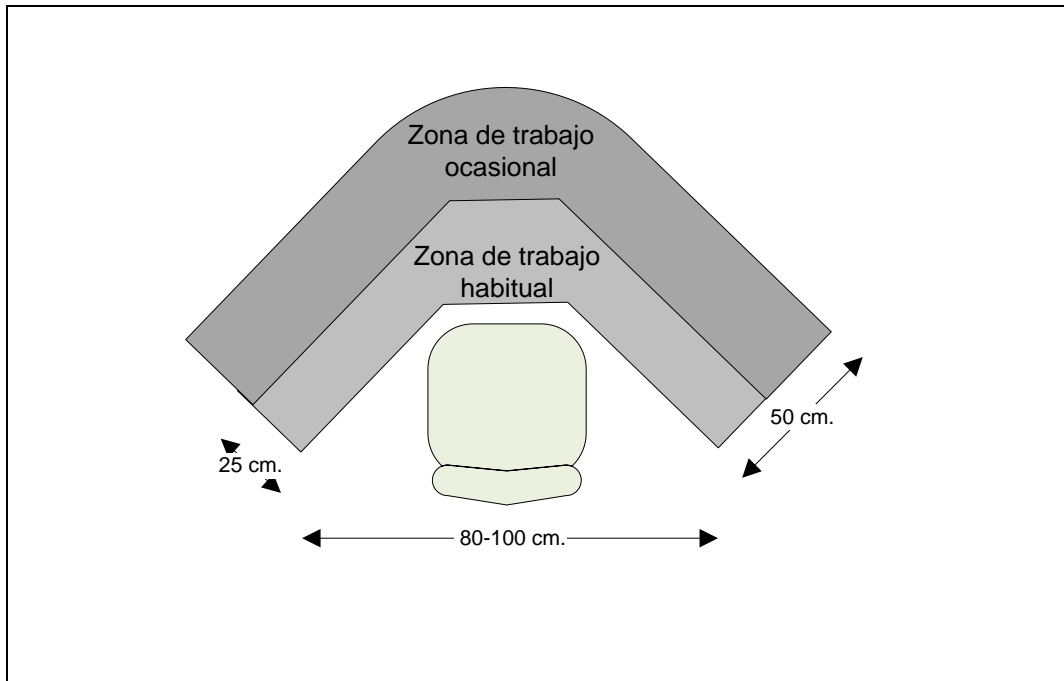
- Lesiones en la espalda;
- Aparición o agravación de una LER;
- Problemas de circulación en las piernas.

Las principales causas de esos problemas son:

- Asientos mal diseñados;
- Permanecer en pie durante mucho tiempo;
- Tener que alargar demasiado los brazos para alcanzar los objetos;
- Una iluminación insuficiente que obliga al trabajador a acercarse demasiado a las piezas.

En la siguiente página se muestra un pequeño esquema de un puesto de trabajo señalando las áreas de trabajo ocasional y trabajo habitual (ver figura 29).

Figura 29. **Esquema de un puesto de trabajo bien diseñado**



Fuente: elaboración propia

A continuación figuran algunos principios básicos de ergonomía para el diseño de los puestos de trabajo. Una norma general es considerar la información que se tenga acerca del cuerpo del trabajador, por ejemplo, su altura, al escoger y ajustar los lugares de trabajo. Sobre todo, deben ajustarse los puestos de trabajo para que el trabajador esté cómodo. Entonces, entre algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un puesto de trabajo son:

a. Altura de la cabeza

- Debe haber espacio suficiente para que quepan los trabajadores más altos;

- Los objetos que haya que contemplar deben estar a la altura de los ojos o un poco más abajo porque la gente tiende a mirar algo hacia abajo.
- b. Altura de los hombros
- Los paneles de control deben estar situados entre los hombros y la cintura;
 - Hay que evitar colocar por encima de los hombros objetos o controles que se utilicen a menudo.
- c. Alcance de los brazos
- Los objetos deben estar situados lo más cerca posible al alcance del brazo para evitar tener que extender demasiado los brazos para alcanzarlos o sacarlos;
 - Hay que colocar los objetos necesarios para trabajar de manera que el trabajador más alto no tenga que encorvarse para alcanzarlos;
 - Hay que mantener los materiales y herramientas de uso frecuente cerca del cuerpo y frente a él.
- d. Altura del codo
- Hay que ajustar la superficie de trabajo para que esté a la altura del codo o algo inferior para la mayoría de las tareas generales.
- e. Altura de la mano
- Hay que cuidar de que los objetos que haya que levantar estén a una altura situada entre la mano y los hombros.
- f. Longitud de las piernas
- Hay que ajustar la altura del asiento a la longitud de las piernas y a la altura de la superficie de trabajo;
 - Hay que dejar espacio para poder estirar las piernas, con sitio suficiente para unas piernas largas;
 - Hay que facilitar un escabel ajustable para los pies, para que las piernas no cuelguen y el trabajador pueda cambiar de posición el cuerpo.

g. Tamaño de las manos

- Las agarraderas y los mangos deben ajustarse a las manos. Hacen falta agarraderas pequeñas para manos pequeñas y mayores para manos más grandes;
- Hay que dejar suficiente espacio de trabajo para manos más grandes.

h. Tamaño del cuerpo

- Hay que dejar espacio suficiente en el puesto de trabajo para los trabajadores de mayor tamaño.

Tomar en cuenta estos principios y aplicarlos correctamente permiten a los ingenieros diseñar puestos y lugares de trabajo que se acoplen a las necesidades de los trabajadores, en vez de hacer que el trabajador se acople a él, ya que cada persona es diferente. Entonces, vemos que la finalidad de la ergonomía es diseñar puestos, lugares de trabajo y herramientas que se ajusten al cuerpo humano, evitando que se realicen esfuerzos excesivos, cuidar de la salud de los trabajadores y evitar lesiones (como las LER), aumentar la productividad y mantener un ambiente de trabajo agradable.

3.6 Práctica No. 6 Método propuesto

3.6.1 Implementación de un nuevo método

Como ya sabemos, la Ingeniería de Métodos se enfoca en la medición y la simplificación del trabajo, por ello, una de las partes fundamentales es el cómo implementar el nuevo método para simplificar el trabajo. Para llevar esto a cabo se necesita el respaldo activo de la dirección y del sindicato (si existiese) y que el analista ponga en juego todas sus cualidades personales.

La implementación del nuevo método puede desglosarse en cinco fases:

- a) Vender la idea propia, así como las aportaciones y sugerencias de los trabajadores relacionados con el tema. Durante la fase de estudio y análisis se recomienda que los supervisores emitan puntos de vista propios. Dejar que el trabajador desempeñe un papel más amplio en la creación y desarrollo del nuevo método, a fin de que también lo considere obra suya.
- b) Se debe preparar un informe que contenga la siguiente información:
 - El diagrama propuesto con firmas de aprobación;
 - Costos totales que incluyan mano de obra, materiales y gastos generales de los métodos;
 - El aumento productivo esperado;
 - La reducción de desperdicios;
 - El aumento de la seguridad industrial y la calidad.;
 - La necesidad de inversión;
 - El costo por implementar el nuevo método;
 - La acción ejecutiva que se necesita para implementar el nuevo método;
 - El cronograma de su implementación.
- c) Se debe examinar el informe junto con los supervisores y la alta dirección, según sea el caso;
- d) Logar la aprobación del nuevo método tanto por parte de la alta dirección como por parte de los trabajadores.

e) Se deben preparar también las normas de su ejecución por escrito; esto consiste en elaborar instrucciones para el operador y carta de descripción del nuevo método, esto es con el objeto de:

- Registrar todos los detalles del nuevo método;
- Explicar el nuevo método a los afectados;
- Preparar el equipo necesario;
- Ayudar al adiestramiento o readiestramiento;
- Tener una base para el estudio de tiempos.

3.6.2 Consideraciones al aplicar el nuevo método

Antes de implementar el nuevo método se debe tener la seguridad de que dicha solución es práctica bajo las condiciones de trabajo en las que va a operar. Es por ello, que se debe someter a una revisión detallada, siguiendo el mismo procedimiento utilizado para el desarrollo de la idea. Esta revisión debe incluir como parte fundamental todos los aspectos económicos y de seguridad, así como otros factores de igual importancia como la calidad del producto, cantidad de fabricación del mismo, etc.

Ya analizados estos aspectos se comprueba que la proposición es buena y operativa, se debe considerar si afectó a los otros departamentos u otras personas. Los intereses de los individuos afectados tanto favorables como desfavorablemente deben siempre tomarse en cuenta. Por lo tanto es conveniente:

- ✓ Informar con anticipación al personal sobre los cambios que le afectarán;
- ✓ Tratar al personal con la dignidad que se merece por su calidad humana;
- ✓ Promover que todos aporten sugerencias;
- ✓ Reconocer la participación de quien lo merezca;

- ✓ Ser honesto en el uso de sugerencias ajenas;
- ✓ Explicar las razones del rechazo de una idea sugerida;
- ✓ Hacer sentir al personal que forma parte del esfuerzo común por mejorar las condiciones de trabajo de la organización;
- ✓ Capacitar al trabajador que va a aplicar el nuevo método.

3.6.3 Presentación del método propuesto

Luego de haber elegido el mejor método, el paso siguiente es presentarlo. "Vender" el nuevo método es para algunos analistas el paso de mayor importancia en la ingeniería de métodos, pues no sirve de nada un diseño propuesto, por excelente que pueda ser, si éste no se pone en práctica en la empresa. Sólo si se logra vender el método, éste podrá ser instalado y aplicado. La presentación suele darse en una conferencia ante la dirección o gerencia, para lo cual se debe estar preparado por escrito y por oral. El informe debe cumplir con ciertas partes:

a. El resumen

- Extracto: Descripción breve del problema;
- Conclusiones: resultados del análisis;
- Recomendaciones: ahorros, mejoras y recuperación del gasto.

b. El cuerpo

- Naturaleza del problema;
- Detalles sobre recolección de datos;
- Detalles sobre los métodos de análisis de los datos;
- Gráficas y diagramas para el centro de trabajo actual y propuesto;
- Bosquejos, dibujos y especificaciones de los dispositivos propuestos y/o herramientas o máquinas;
- Detalles sobre automatización o robots, si es que las hubiera;

- Razones de las conclusiones y recomendaciones del resumen.

El ingeniero debe tener en todo momento cifras exactas sobre todos los aspectos concernientes al método, puesto que las preguntas no siempre van a ser las que se esperan y para poder resolverlas en su totalidad se debe valer de datos más que de meras argucias lingüísticas. Se debe estar preparado ante las posibles objeciones que por lo general se centran en:

- El costo inicial;
- El tiempo requerido para adoptar el método;
- El inconveniente potencial mientras se realiza la instalación.

El método propuesto debe hacer énfasis en las economías de:

- Ahorros de material;
- Ahorros de MOD y MOI;
- Amortización del capital invertido;
- Ingresos, egresos y utilidad.

3.6.4 Relaciones humanas y manejo de la resistencia al cambio

En realidad, existen pocos individuos que no perciben la necesidad de mejorar los métodos de trabajo. Sin embargo, ellos pueden ver esta técnica como un peligro para su estatus quo, razón por la cual resistirán con determinación a cualquier cambio que se les presente.

Cuando se tiene que realizar un cambio por motivo de la implementación de un nuevo método o por cualquier otro, es necesario identificar lo bueno que presenta este cambio y no ver solamente las

dificultades de llevarlo a cabo, debemos orientar nuestra mente para absorber lo bueno y reconocer el valor el valor que existe en una nueva idea. En todo cambio, los innovadores se encuentran muy a menudo con las siguientes actitudes por parte del personal:

- Temor a lo desconocido;
- Inercia de los viejos métodos;
- Incertidumbre;
- No entender lo nuevo;
- Por diferencias personales entre quien cambia y quien debe ser afectado por el cambio;
- Falta de tacto de quien hace la proposición;
- Resentimiento contra las órdenes nuevas y contra un mayor control de las actividades;
- Por actitudes sindicales;
- Por factores económicos.

Atendiendo lo anterior, la persona o personas que implementan el cambio deben hacer que la resistencia al cambio se minimice y se elimine; esto se puede llevar a cabo mediante un plan de comunicación y el involucramiento de todos los individuos.

Para reducir y vencer resistencia al cambio pueden emplearse las siguientes estrategias:

- Alicientes económicos;
- Comunicación en ambos sentidos;
- Acuerdos tomados en grupo;
- Actitudes para romper el hielo;

- Negociaciones.

3.6.5 Caso práctico

- a. Plantear el problema con claridad

Se ha notado que los diez trabajadores de la sección de acabados emplean mucho tiempo para ir a tomar agua y dejan trabajo pendiente.

- b. Especificar con se identificó el problema

Se noto que al observar la línea de producción se encontraba con trabajo acumulado. Al llamarles la atención por los retrasos, respondían que se debía a que van a tomar agua.

- c. Resaltar los defectos del problema

Al irse a tomar agua a unos 50 metros de su puesto de trabajo, no solo el trabajador pierde tiempo, sino que se los hace perder a otros que están en el camino. Además, se presta para engaños porque a veces no van a tomar agua.

- d. Presentar sugerencias

Se desea implementar la idea de instalar un bebedero cerca, que además de servir a estos diez operarios quede más cerca de los otros doce operarios que trabajan en empaque.

e. Estudiar los costos de la sugerencia

Se estimó que la instalación de dicho bebedero costará lo siguiente:

Valor del bebedero	Q. 500.00
Costo de la tubería	Q. 600.00
Instalación	Q. 400.00
Total	<u>Q.1,500.00</u>

f. Estimar el ahorro en un año

En resumen, se ha observado que se pierde el equivalente de una hora diaria de un hombre (sueldo promedio Q36.00 diarios), Q4.50 por hora de turno, por lo que:

En tres turnos	Q. 13.50
En 300 días	Q. 4,050.00

g. Resultados

Costo de instalación	Q. 1,500.00
Ahorro anual	Q. 2,250.00

Entonces, de acuerdo al análisis realizado, se puede decir que en cuatro meses y medio la implementación del nuevo método se puede pagar por sí sola, logrando con ello una mejora en la eficiencia de la línea por la reducción del tiempo empleado de los operarios en ir a beber agua a otro lugar.

3.7 Práctica No. 7 Estudio de tiempos

3.7.1 Generalidades de un estudio de tiempos

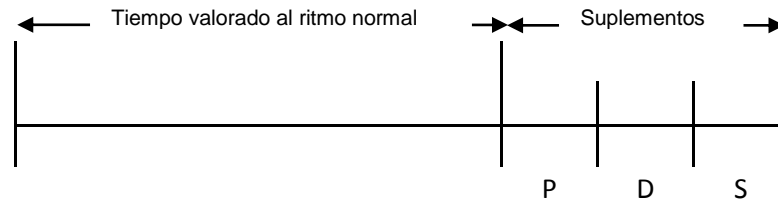
El estudio de tiempos es una herramienta que nos permite determinar con mayor exactitud y en base a un número limitado de observaciones, el tiempo requerido para llevar a cabo una tarea. Un estudio de tiempos con cronómetro se lleva a cabo bajo las siguientes circunstancias:

- Cuando se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea;
- Se presentan quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo que consume una operación;
- Surgen demoras causadas por una operación lenta, la cual ocasiona retrasos en las demás operaciones;
- Se pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos;
- Se detectan bajos rendimientos o muchos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas.

3.7.2 El tiempo estándar y sus componentes

El objetivo primordial de la medición del trabajo es obtener el tiempo estándar de la operación que se está estudiando. En la figura 28 se muestran los elementos que componen un tiempo “estándar”.

Figura 30. **Elementos que componen tiempo estándar**



Fuente: Roberto García Criollo. Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo. Pág. 184

En donde:

- P: suplemento por necesidades personales.
- D: suplemento por descanso (fatiga).
- S: suplementario (por naturaleza de la tarea).

3.7.3 Pasos a seguir para realizar un estudio de tiempos

Para llevar a cabo un estudio de tiempos es necesario seguir los siguientes pasos:

a) Preparación

- Selección de la operación que se va a analizar;
- Selección del trabajador que va a realizar dicha operación;
- Actitud frente al trabajador que realiza la operación;
- Analizar y comprobar el método de trabajo que se está empleando.

b) Ejecución

- Obtener y registrar toda la información pertinente;
- Descomponer la tarea en elementos;
- Cronometrar la actividad;
- Calcular el tiempo observado.

c) Valoración

- Técnicas de valoración de la tarea;
- Cálculo del ritmo normal del trabajador promedio;
- Cálculo del tiempo base o valorado.

d) Suplementos

- Estudio de fatiga del trabajador;
- Análisis de demoras;
- Cálculo de suplementos y tolerancias.

3.7.4 Preparación de un estudio de tiempos

La preparación del estudio de tiempos tiene como primer paso el elegir la tarea u operación que se desea medir; la operación a estudiar puede seleccionarla de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) De acuerdo al orden de las operaciones según la secuencia del proceso;
- b) De acuerdo al costo de la operación;
- c) Según necesidades específicas.

El siguiente paso es seleccionar al trabajador que va a llevar a cabo la tarea a analizar, para ello se recomienda seleccionar a un trabajador cuya habilidad sea promedio, que tenga el deseo de cooperar y que posea un temperamento tranquilo y no se ponga nervioso. También es preferible que tenga experiencia en la tarea, no se recomienda seleccionar un trabajador recién adiestrado a la tarea que se desea analizar.

Ya seleccionado el operario que va a realizar la tarea a analizar, la percepción de éste adquiere cierta importancia, por lo que debemos tomar en cuenta los siguientes puntos:

- El estudio de tiempos nunca debe hacerse en secreto;
- El analista debe tomar en cuenta todas las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas ante el trabajador;
- No se debe discutir con el trabajador ni criticar su trabajo, sino pedir su colaboración;
- El trabajador espera ser tratado como un ser humano y así responderá favorablemente si se le trata abierta y francamente.

Además de estos aspectos, al seleccionar la operación que se desea analizar, se debe tomar en cuenta que dicha operación se encuentra normalizada. Cuando decimos que la operación o métodos de trabajo se encuentren normalizados, nos referimos a que éstos ya han sido fijados en forma escrita, es decir, que se encuentren redactados dentro de un manual de procedimientos.

La normalización de los procedimientos o de cada una de las operaciones conlleva las especificaciones del lugar de trabajo y sus características, máquinas y herramientas, los materiales, equipo de seguridad que se requiere para ejecutar dicha operación, por ejemplo la utilización de mascarillas, lentes, extinguidores, botas, guantes, etc. También se toman en cuenta los requisitos de calidad de la operación (tolerancias y especificaciones), así como también un análisis de movimientos (análisis bimanual).

3.7.5 Ejecución de un estudio de tiempos

Ya tomados en cuenta los puntos importantes de la preparación del estudio de tiempos, podemos dar inicio a la fase de ejecución. En esta fase se van a obtener y registrar todos los datos e información concerniente a la operación, para ello es de suma importancia que el analista registre toda la

información obtenida por observación directa; esto se hace con el fin de tener registros para poder consultar el estudio de tiempos cuando sea requerido.

La información a tomar en cuenta debe permitir lo siguiente:

- Identificar el estudio de tiempos cuando sea necesario;
- Identificar el proceso, el método, la instalación o maquinaria;
- Identificar al trabajador u operario;
- Describir la duración del estudio.

De acuerdo a los puntos anteriores, es necesario establecer un procedimiento sistémico del producto y el proceso en estudio, todo esto con la finalidad de eliminar ineficiencias y contribuir a un mejor análisis de la operación. Para poder llevar a cabo un buen análisis es necesario considerar los siguientes diez puntos aplicables a cualquier producto o proceso:

a) Objeto de la operación

Se debe determinar si la operación puede ser reemplazada o combinada antes de mejorarla y en último de los casos eliminarla.

b) Diseño de la pieza

Para el diseño de una pieza deben considerarse los siguientes aspectos:

- Emplear un mejor material;
- Unir mejor las piezas;
- Facilitar el maquinado;

- Simplificar el diseño.

c) Tolerancias y especificaciones

Las especificaciones y tolerancias se establecen para mantener cierto grado de calidad. Se deben investigar de la siguiente forma:

- Las tolerancias y especificaciones deben ser correctas;
- Corregir la causa de un rechazo cuando éste ocurra desde un principio;
- Mejorar la eficiencia de las operaciones.

d) Materia prima

Para seleccionar el material se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Que el material reúna los requisitos que se necesitan, que sea barato pero sin sacrificar su calidad, así como también que se pueda procesar con facilidad;
- Usar el material en forma eficiente y eliminar las mermas;
- Hacer el mejor uso de las herramientas, maquinaria y accesorios.

e) Proceso de manufactura

Se debe investigar de manera sistemática los procesos de manufactura que hará que se mejoren los métodos.

f) Preparación de la maquinaria, herramientas y patrones

Para ello se debe investigar la preparación de la maquinaria, herramienta y patrones de la siguiente forma:

- Reducir los tiempos para hacer una preparación empleando una mejor planeación;
- Diseñar la preparación para utilizar completamente la capacidad de la máquina;
- Desarrollar mejores utensilios de trabajo;
- Desarrollar mejores métodos para fijar el trabajo.

g) Condiciones de trabajo

Se debe considerar lo siguiente:

- Reducir los riesgos de trabajo;
- Mejorar el alumbrado, temperatura y ventilación;
- Estimular el buen gobierno de la estación de trabajo;
- Reducir la fatiga al operador proporcionándole comodidad.

h) Manejo de materiales

Para un buen manejo de materiales debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Reducir el tiempo y gasto de materiales;
- Reducir el manejo manual a través de equipo mecánico;
- Utilizar mejor las instalaciones de manejo existentes;
- Manejar el material con mayor cuidado.

i) Distribución de la maquinaria y el equipo

Las estaciones de trabajo y las máquinas deben disponerse de tal manera que la serie sistemática de operaciones de fabricación de un producto sea más eficiente y con un mínimo de manejo.

j) Principios de la economía de movimientos

Los mejores métodos no siempre involucran el utilizar la mejor maquinaria o herramienta o la mejor distribución de maquinaria. Este punto se enfoca en utilizar el menor número posible de movimientos para realizar una tarea, ya que esto tendrá un impacto en la eficiencia de la fabricación de dicho producto.

Todo lo anterior subraya la importancia de que las operaciones deben ser analizadas por separado con el mayor cuidado posible, debiendo tener la mente enfocada y relacionada con el proceso completo. Es por ello que debemos estudiar la operación de manera objetiva, permitiéndonos obtener la mayor cantidad de información posible.

3.7.6 Separación de la operación en elementos

Para realizar un buen estudio de tiempos, es necesario dividir dicha operación en elementos; un elemento no es más que una parte esencial y definida de una actividad o tarea formada por uno o más elementos realizados por el operador y de los movimientos de una máquina, así como también pueden ser las fases de un proceso elegido para fines de observación y cronometraje. Para poder realizar una buena selección de elementos de una operación es necesario tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Los elementos deben ser fáciles de identificar, con un inicio y fin claramente especificados;
- Los elementos deben ser lo más breves posible;
- Se deben separar los elementos manuales de los mecánicos.

3.7.7 Clases de elementos

Los elementos, debido a su naturaleza pueden ser clasificados de acuerdo a varios tipos, en relación al ciclo de trabajo, al ejecutante y al tiempo.

a) En relación al ciclo

Éstos se clasifican en tres tipos:

- Elementos regulares o repetitivos: Son aquellos que aparecen una vez en cada ciclo de trabajo;
- Elementos irregulares o casuales: Son lo contrario de los anteriores, son los que no aparecen en cada ciclo de trabajo sino que a intervalos tanto regulares como irregulares;
- Elementos extraños: Son los elementos ajenos al ciclo de trabajo los cuales se consideran para eliminarlos.

b) En relación al ejecutante

Estos elementos se clasifican en: elementos manuales y elementos de máquina, entre ellos:

- Manuales sin máquina: Se realizan con independencia de toda máquina; también se les llama elementos libres porque su duración depende de la actividad del operador.
- Manuales con máquina: Éstos pueden ser con máquina parada, cuando el operario coloca o quita una pieza; o con máquina en marcha, éste lo efectúa el operador mientras la máquina trabaja.

- De máquina con automático: Éstos no requieren intervención del operador, se pueden presentar dos casos: que necesite o no vigilancia por parte del operador.
- De máquina con avance manual: Éstas en cuyo caso pueden trabajar controladas por el operador.

c) En relación al tiempo

Estos tipos de elementos se clasifican en:

- Elementos constantes: Son aquellos cuyo tiempo de ejecución es siempre el mismo, no varía;
- Elementos variables: Son elementos cuyo tiempo es dependiente de una o más variables, tales como dimensiones, peso, calidad, etc.

3.8 Práctica No. 8 Cronometración

3.8.1 Medición del tiempo

Ya teniendo en cuenta toda la información necesaria para analizar la operación que se desea estudiar, el siguiente paso consiste en medir el tiempo de operación, tarea a la cual se le llama cronometraje. Los aparatos empleados para medir el tiempo se conocen como cronómetros, los cuales son aparatos que son movidos por un mecanismo de relojería que puede ponerse en marcha o detenerse a voluntad del analista o persona que lo está utilizando.

Existen varios tipos de cronómetros, los cronómetros ordinarios son aquellos que llevan un pulsador que permite ponerlos en marcha, detenerlos y regresarlos a cero; y también existen los cronómetros de vuelta a cero, los

cuales llevan dos pulsadores, uno permite ponerlo en marcha, detenerlo y volverlo a cero mientras que el otro independiente que al pulsarlo retorna la aguja a cero y soltándolo inmediatamente la aguja reinicia su marcha. Aunque ahora en la actualidad son mayormente utilizados los cronómetros digitales, ya que estos permiten un mejor control sobre la toma de tiempos además de brindar otras funciones que ayudan a realizar un estudio de tiempos con mayor eficiencia.

3.8.2 Método de cronometración de lectura con regreso a cero

La principal característica de este método consiste en oprimir y soltar inmediatamente el botón de inicio o “start” del cronómetro de un solo golpe cuando termina cada elemento, con lo que la aguja o el indicador regresará a cero e inicia de inmediato su marcha. La lectura se hace en el momento en que se oprime el botón. Éste método presenta las siguientes ventajas:

- Presenta información directa sobre el tiempo de duración de cada elemento, disminuyendo notablemente el trabajo de gabinete;
- Es flexible, ya que cada lectura inicia en cero;
- Se usa un solo reloj del tipo menos costoso.

Y de la misma manera, también posee desventajas, tales como:

- Es menos exacto, debido a que se pierde tiempo durante cada retroceso a cero;
- Genera suspicacias entre los trabajadores ya que el analista puede poner en marcha y detener el reloj a su conveniencia;
- Debido a que cada lectura inicia en cero, el error que se cometa no tiende a compensarse;

- La lectura se hace con el indicador en movimiento.

3.8.3 Método de cronometración continuo

Éste método se usa una vez que el reloj se pone en marcha y permanece en funcionamiento durante todo el análisis, las lecturas que se realizan se hacen de manera progresiva y solo se detendrá hasta que haya terminado el estudio. El tiempo para cada elemento se obtiene restando la lectura anterior de la lectura inmediata siguiente.

Las ventajas que presenta éste método son:

- Se reduce la pérdida de tiempo en los retrocesos, brindando mayor exactitud en las lecturas;
- Permite demostrar al operador cómo se empleó el tiempo durante el estudio, eliminando de esta manera las suspicacias entre los trabajadores y dando buena fe del estudio;
- Se tiende a compensar los errores en las lecturas;
- Se emplea un solo reloj del tipo más barato.

3.8.4 Equipo de trabajo para la medición de tiempos

Para realizar un estudio de tiempos se requiere del siguiente equipo:

- Tabla para estudio de tiempo: es una tabla de tamaño conveniente donde se coloca la hoja de observaciones para que el analista pueda sostenerla con comodidad, en cuya parte superior se asegura un cronómetro para realizar la toma de tiempos.

- Hoja de observaciones: en esta hoja se anotan los datos sobre la toma de tiempo, así como también otros datos tales como el nombre del producto, de la pieza, identificación del dibujo, nombre del operario, nombre del analista, etc.

3.8.5 Número de observaciones necesarias para calcular el tiempo normal

Como podemos notar, el estudio de tiempos depende en gran manera de la naturaleza de la operación. El número de observaciones que tienen que realizarse para obtener un tiempo promedio que sea representativo se puede determinar mediante los siguientes métodos:

- ✓ Fórmulas estadísticas;
- ✓ Ábaco de Lifson;
- ✓ Tabla Westinghouse;
- ✓ Criterio de la General Electric.

Para efectos de estudio, únicamente analizaremos el método estadístico; por medio de las fórmulas de éste método se puede determinar el número N de observaciones necesarias para obtener el tiempo de cronómetro representativo de la operación en estudio, con un error e%, con un riesgo fijado de R%. Entonces, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$N = \left(\frac{K * \sigma}{e * \bar{x}} \right)^2 + 1$$

En donde:

K = el coeficiente de riesgo cuyos valores pueden ser:

K = 1 para un riesgo de error de 32%

K = 2 para un riesgo de error de 5%

K = 3 para un riesgo de error de 0.3%

La desviación estándar de distribución normal de frecuencias de los tiempos se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

En donde:

X_i = son los valores obtenidos de los tiempos de reloj

\bar{x} = es la media aritmética de los tiempos de reloj

N = frecuencia de cada tiempo de reloj tomado

n = número de mediciones realizadas

e = error expresado en forma decimal

3.8.6 Caso práctico

Para el estudio de una operación se tomaron las siguientes lecturas: 5, 8, 7, 5, 6, 7, 7, 6, 8 y 5; en centésimas de minuto y se busca determinar el número de observaciones necesarias para obtener el tiempo de reloj que sea representativo con un error del 4% y un riesgo de 5%.

Solución

Primero vamos a realizar una tabla en donde esté contenida toda la información así:

Tabla XXXIX. **Elementos y frecuencias para el cálculo del número de observaciones de una tarea; caso práctico 3.8.6**

X_i	Frecuencia f	$(X_i - \bar{x})$	$(X_i - \bar{x})^2$	$f(X_i - \bar{x})^2$
5	3	-1.4	1.96	5.88
6	2	-0.4	0.16	0.32
7	3	0.6	0.36	1.08
8	2	1.6	2.55	5.12
Sumatoria	10			12.4

Fuente: elaboración propia

Ya teniendo esta tabla podemos calcular la media:

$$\bar{x} = \frac{(5 * 3) + (6 * 2) + (7 * 3) + (8 * 2)}{10} = \frac{64}{10} = 6.4$$

Ahora calculamos la desviación estándar como sigue:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{12.4}{10}} = \sqrt{1.24} = 1.113$$

Ya teniendo estos datos, procedemos a calcular el número de observaciones, sabemos que el valor de K corresponde al riesgo de 5%, por lo que K = 2 y el valor del error fijado es e = 0.04, entonces:

$$N = \left(\frac{K * \sigma}{e * \bar{x}}\right)^2 + 1 = \left(\frac{2 * 1.113}{0.04 * 6.4}\right)^2 + 1 = 75 + 1 = 76$$

Por lo que nos hacen falta otras 66 observaciones para estar en los rangos propuestos, ya que únicamente se han realizado 10 observaciones.

3.8.7 Valoración del ritmo de trabajo

El estudio de tiempos tiene como finalidad determinar el tiempo tipo o estándar para fijar el volumen de trabajo de cada puesto en las empresas, sirve para determinar el costo estándar y establecer sistemas de salarios e incentivos.

Ya habiendo terminado de realizar las observaciones, el analista ha acumulado cierto número de tiempos de ejecución y los correspondientes factores de calificación, que al combinarlos se puede establecer el tiempo normal de la operación estudiada.

La calificación de la actuación es la técnica para determinar equitativamente el tiempo requerido por un operador para ejecutar una tarea. Se entiende por operador normal, aquel operador competente y altamente experimentado que trabaja en la estación a un ritmo ni demasiado rápido ni demasiado lento, sino representativo de un término medio.

Entonces, para encontrar el tiempo normal de la operación analizada, se califican los siguientes cuatro aspectos:

- **Habilidad:** es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variaciones por parte del operador;
- **Esfuerzo:** es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad;
- **Condiciones:** son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor, etc.) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afecten a la operación;
- **Consistencia:** son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante.

La tabla de calificaciones que se emplea para valorar los factores anteriores es la siguiente:

Tabla XL. **Factores a calificar para los cuatro aspectos que posee una tarea**

HABILIDAD			ESFUERZO		
A	Habilísimo	+0.15	A	Excesivo	+0.15
B	Excelente	+0.10	B	Excelente	+0.10
C	Bueno	+0.05	C	Bueno	+0.05
D	Medio	0.00	D	Medio	0.00
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05
F	Malo	-0.10	F	Malo	-0.10
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
A	Buena	+0.05	A	Buena	+0.05
B	Media	0.00	B	Media	0
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05

Fuente: Roberto García Criollo. Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo. Pág. 213

No existe un método universal para calificar la actuación aún cuando gran parte de las técnicas empleadas se basan en el criterio del analista. Para tener un proceso de estudio de tiempos que sea eficiente y útil deben considerarse los siguientes requisitos básicos:

- La empresa debe establecer con claridad la tasa de trabajo normal;
- En la mente de cada uno de los analistas debe existir una aproximación que sea razonable al desempeño normal del trabajador.

3.8.8 Suplementos del estudio de tiempos

Un suplemento es el tiempo que se le concede al trabajador con el objeto de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea. Existen tres tipos de suplementos que pueden concederse en un estudio de tiempos:

- Suplementos por retrasos personales;
- Suplementos por retrasos por fatiga (descanso);
- Suplementos por retrasos especiales, los cuales pueden ser:
 - Demoras debidas a elementos contingentes poco frecuentes;
 - Demoras en la actividad del trabajador provocadas por supervisión;
 - Demoras causadas por elementos extraños inevitables, concesión que puede ser temporal o definitiva.

Los suplementos que pueden considerarse en un estudio de tiempos se muestran a continuación:

Suplementos constantes

	Hombres	Mujeres
Necesidades personales	5	7
Suplementos por fatiga	4	4

Suplementos Variables

	Hombres	Mujeres
A. Por trabajar de pie	2	4
B. Por postura anormal		
Ligeramente incómoda	0	1
Incomoda (inclinado)	2	3
Muy incomoda	7	7

C. Uso de la fuerza		Hombres	Mujeres
Peso levantado por kilogramo			
2.5		0	1
5		1	2
7.5		2	3
10		3	4
12.5		4	6
15		5	8
17.5		7	10
20		9	13
22.5		11	16
25		13	20 (máx.)
30		17	-
33.5		22	-

D. Mala iluminación		Hombres	Mujeres
Ligeramente por debajo de la potencia calculada			
		0	0
Bastante debajo			
		2	2
Absolutamente insuficiente			
		5	5

E. Condiciones atmosféricas
Índice de enfriamiento en el termómetro

Kata (milicalorías/cm ² /segundo)	
16	0
14	0
12	0
10	3
8	10
6	21
5	31
4	45
3	64
2	100

F. Concentración intensa		
	Hombres	Mujeres
Trabajos de cierta precisión	0	0
Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5

G. Ruido		
	Hombres	Mujeres
Contínuo	0	0
Intermitente y fuerte	2	2
Intermitente y muy fuerte	5	5
Estridente y fuerte	5	5

H. Tensión mental		
	Hombres	Mujeres
Proceso bastante complejo	1	1
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Muy complejo	8	8

I. Monotonía		
	Hombres	Mujeres
Trabajo algo monótono	0	0
trabajo bastante monótono	1	1
trabajo muy monótono	4	4

J. Tedio		
	Hombres	Mujeres
Trabajo algo aburrido	0	0
Trabajo aburrido	2	1
Trabajo muy aburrido	5	2

3.8.9 El tiempo estándar

El tiempo estándar es aquel tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están contemplados todos los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes, variables), así como los elementos causales o contingentes que fueron observados durante la realización del estudio de tiempos. A estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos siguientes:

- Personales
- Por fatiga
- Especiales

Para calcular el tiempo estándar se deben realizar los siguientes pasos:

- a) Obtener y registrar la información de la operación;
- b) Descomponer la tarea y registrar sus elementos;
- c) Tomar las lecturas;
- d) Nivelar el ritmo de trabajo;
- e) Calcular los suplementos del estudio de tiempos.

Ya con todos los pasos anteriores realizados se obtiene el tiempo estándar de la operación.

3.8.10 Caso práctico

La empresa de muebles “La Mejor”, tiene dentro de su línea de productos una silla de madera, pintada, barnizada y empacada en plástico; el

jefe de producción desea saber el tiempo estándar empleado en la fabricación de dicho producto, por lo que se pide:

- a) Separar la operación en elementos;
- b) Realizar la toma de tiempos con el método continuo;
- c) Calcular el tiempo cronometrado de la operación;
- d) Calcular el tiempo estándar de la operación.

Solución

a) Los elementos de la operación serán distribuidos de la siguiente manera:

- Corte de las piezas de madera para la silla;
- Ensamble de piezas;
- Clavado de piezas de madera;
- Lijado y acabado de pizas clavadas;
- Pintado de silla;
- Barnizado de silla;
- Empaque en plástico de silla.

b) Los tiempos fueron tomados utilizando el método de Cronometración continuo, quedando de la siguiente forma (ver tabla XLI)

Tabla XLI. Estudio de tiempos para el ensamble de una silla de la empresa de muebles “La Mejor”; caso práctico 3.8.10

ESTUDIO DE TIEMPOS										
Empresa	Muebles "La Mejor"									Hoja: 1 de 1
Proceso	Fabricación de silla de madera									
Método	Actual	Técnica:				Continúa				
Analista	Jairo Aldana	Fecha:				11/01/2010				
Elemento		Ciclo	1	2	3	4	5	6	T. Prom	
No.	Nombre	Tiempo								
1	Corte de piezas de madera para silla	T. Cronom.	4.65	19.97	38.29	53.59	68.81	84.07	4.66	
		ΔT	4.65	4.75	8.00	4.70	4.60	4.58		
2	Ensamble de piezas	T. Cronom.	6.90	22.17	40.54	-	71.06	86.31	2.24	
		ΔT	2.25	2.20	2.25	-	2.25	2.24		
3	Clavar piezas	T. Cronom.	8.20	23.42	41.84	59.07	72.38	87.69	1.31	
		ΔT	1.30	1.25	1.30	-	1.32	1.38		
4	Lijas y dar acabado a silla	T. Cronom.	11.30	26.49	44.89	60.22	75.42	90.79	3.08	
		ΔT	3.10	3.05	3.05	3.15	3.04	3.10		
5	Pintar silla	T. Cronom.	12.45	27.59	46.05	61.33	76.61	91.93	1.15	
		ΔT	1.15	1.12	1.16	1.11	1.19	1.14		
6	Barnizar silla	T. Cronom.	14.57	29.69	48.20	63.51	78.81	94.14	2.16	
		ΔT	2.12	2.10	2.15	2.18	2.20	2.21		
7	Empaque	T. Cronom.	15.22	30.29	48.89	64.21	79.49	94.75	0.65	
		ΔT	0.65	0.60	0.69	0.70	0.68	0.61		

Fuente: elaboración propia

En el elemento 1 y ciclo 3 encontramos un elemento extraño, el cual pudo ser provocado por un accidente o una falla del operario, este elemento extraño se elimina con el fin de mantener uniformidad para el cálculo del tiempo promedio del elemento 1. Posteriormente en el elemento 2 y ciclo 4 notamos que falta un dato, esta falta pudo deberse a un descuido por parte del analista, al no fijarse en el final de un elemento y no tomar el ciclo correspondiente; este caso provoca la falta de datos para los elementos 2 y 3 del ciclo 4, por lo que tales tiempos son omitidos para calcular el promedio de los elementos 2 y 3. Por lo que los tiempos

promedio para cada uno de los elementos quedan de la siguiente manera:

$$\text{Elemento 1} = \frac{4.65 + 4.75 + 4.70 + 4.60 + 4.58}{5} = \mathbf{4.66 \text{ min.}}$$

$$\text{Elemento 2} = \frac{2.25 + 2.20 + 2.25 + 2.25 + 2.24}{5} = \mathbf{2.24 \text{ min.}}$$

$$\text{Elemento 3} = \frac{1.30 + 1.25 + 1.30 + 1.32 + 1.34}{5} = \mathbf{1.31 \text{ min.}}$$

$$\text{Elemento 4} = \frac{3.10 + 3.05 + 3.05 + 3.15 + 3.05 + 3.10}{6} = \mathbf{3.08 \text{ min.}}$$

$$\text{Elemento 5} = \frac{1.15 + 1.12 + 1.16 + 1.11 + 1.19 + 1.14}{6} = \mathbf{1.15 \text{ min.}}$$

$$\text{Elemento 6} = \frac{2.12 + 2.10 + 2.15 + 2.18 + 2.20 + 2.21}{6} = \mathbf{2.16 \text{ min.}}$$

$$\text{Elemento 7} = \frac{0.65 + 0.60 + 0.69 + 0.70 + 0.68 + 0.61}{6} = \mathbf{0.65 \text{ min.}}$$

c) El tiempo cronometrado de la operación queda de la siguiente forma:

$$TC = 4.66 + 2.24 + 1.31 + 3.08 + 1.15 + 2.16 + 0.65$$
$$TC = \mathbf{15.25 \text{ min}}$$

d) Cálculo del tiempo estándar de la operación

Para poder calcular el tiempo estándar de la operación, primero debemos calcular el tiempo normal de la misma encontrando el factor de calificación para luego aplicar la siguiente fórmula:

$$TN = \text{Tiempo cronometrado} * FC \text{ (Factor de calificación)}$$

El tiempo cronometrado se obtiene de la toma de tiempos, el factor de calificación se puede determinar por medio de las tablas de calificación. En estas tablas de calificación se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Habilidad: capacidad para seguir un método dado;
- Esfuerzo: demostración de voluntad para hacer el trabajo;
- Condiciones: aquellas que afectan a la operación;
- Consistencia: grado de valoración de los tiempos transcurridos mínimos y máximos en relación con la media.

El operario normal que desarrolla el proceso posee las siguientes calificaciones:

Habilidad	Excelente	+0.08
Esfuerzo	Bueno	+0.05
Condiciones	Media	0.00
Consistencia	Media	0.00
		0.15

Ya teniendo la suma de los factores de calificación, este valor se suma al 100%, por lo que el resultado de la calificación de esta operación es de 115%. Por lo que aplicando la fórmula de tiempo normal nos queda:

$$TN = 15.25 \text{ min} * 1.15 = 17.54 \text{ minutos}$$

Ahora procedemos a realizar el cálculo del tiempo estándar, para ello se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Trabajo de pie
- ✓ Postura normal
- ✓ Levantamiento de pesos o uso de fuerza
- ✓ Intensidad de luz
- ✓ Calidad de aire
- ✓ Tensión visual
- ✓ Tensión auditiva
- ✓ Tensión mental
- ✓ Monotonía

Para la operación que estamos analizando, se tienen las siguientes condiciones a evaluar:

Hombre	9%
Ligeramente incomodo	0%
Iluminación absolutamente insuficiente	5%
Ruido muy fuerte	5%
Trabajo monótono	0%
TOTAL	19%

En el factor “hombre” se suman ambos suplementos constantes, el de necesidades personales y los suplementos variables, dando como resultado un 9%.

Ya teniendo el porcentaje del suplemento de la operación, procedemos a calcular el tiempo estándar con la siguiente fórmula:

$$TS = \text{Tiempo Normal} * \% \text{ Suplementos}$$

De la misma manera que para el cálculo del tiempo normal, este porcentaje lo sumamos a un 100% obteniendo un 119%, por lo que el tiempo estándar para la operación del armado de la silla de madera queda de la siguiente manera:

$$TS = 17.54 \text{ min} * 1.19 = 20.87 \text{ minutos}$$

En resumen, para obtener el tiempo cronometrado de la operación solamente se realiza el promedio de los tiempos tomados de cada elemento, seguidamente para el cálculo del tiempo normal tomamos en cuenta los cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, y por último, para calcular el tiempo estándar de la operación tomamos en cuenta los valores de los suplementos.

3.9 Práctica No. 9 Balance de líneas

3.9.1 Generalidades

El Balance es el problema central en el diseño de una línea de ensamble, por “balance” se entiende a la igualdad de producción de cada una de las sucesivas operaciones en la secuencia de una línea. Para alcanzar el balance se necesita conocer los tiempos de operación que intervienen en los procesos de producción. El Balance de Línea incluye tiempo el efectivo, eficiencia de línea y tiempos estándar.

El Balance de Líneas nos conduce a encontrar el número óptimo de operarios para una línea de producción. Por medio del Balance de Líneas pueden tomarse algunas de las siguientes decisiones:

- ✓ Reemplazar equipo o maquinaria;
- ✓ Trabajar a la velocidad del cuello de botella;
- ✓ Colocar otra máquina similar;
- ✓ Programar tiempo extra;
- ✓ Trabajar un segundo turno;
- ✓ Maquilar en otra empresa.

El objetivo del Balance de Línea es determinar cuántas estaciones de trabajo se necesitan para que un producto tenga un flujo de producción lo más continuo posible, de tal manera que se puedan cumplir con las metas de producción. Es importante recordar que una estación de trabajo la forma un operario o un grupo de operarios, una máquina o un grupo de máquinas, o la combinación de ambas. Los métodos para balancear líneas son los siguientes:

- a) Cuando se quiere estandarizar un proceso donde existe una operación muy lenta, donde se origina un cuello de botella y se necesita que el proceso sea lo más continuo posible;
- b) Cuando se necesita producir un número de piezas en un tiempo determinado sobre la base de un pedido de producción.

3.9.2 Conceptos básicos empleados en el balance de líneas

Para el balance de líneas se manejan algunos de los siguientes conceptos:

- Cuello de botella: es un atraso en un proceso de producción. Esto ocurre cuando la operación o estación de trabajo es más lenta y por lo cual detiene las siguientes.

- Tasa de producción: es lo que se espera cumplir o la demanda que se desea satisfacer.
- Ritmo de línea (ó de producción): es la producción real que se obtendrá en un tiempo determinado.
- Jornada de trabajo: se refiere al tiempo expresado en minutos, horas, etc. ya sea en la jornada diurna (8 horas diarias), mixta (7 horas diarias), nocturna (6 horas diarias) o diurna especial (promedio de 8.8 horas diarias).
- Tiempo efectivo de trabajo: es el tiempo de la jornada (en minutos, horas, etc.) luego de descontar los tiempos de almuerzo, refacción y preparación.
- Operaciones por jornada: es el número de operaciones que puede realizar una estación de trabajo en una jornada efectiva.

3.9.3 Caso práctico

La empresa “MODAS, S.A.” se dedica a la fabricación de botas casuales para caballero, dicha empresa requiere que se realice un estudio de Balance de Líneas considerando la siguiente información:

Un operario transporta la piel a troquelado (4 mts., 1 min.), luego se troquela (0.06 min.) seguidamente se cuentan y recolectan las piezas (0.42 min.), se desgastan las piezas (0.04 min.), se marcan las piezas para el armado (0.33 min.). Otro operario corta y pega la lengüeta (0.28 min.), después se cose la lengüeta (0.21 min.), seguidamente se une el forro de pieza (0.47 min.), se perforan las piezas (0.30 min.), se emplantilla (0.30 min.), luego las piezas son enviadas a premoldeado (3 mts., 0.75 min). Otro operario premoldea las piezas (0.23 min.), luego se une la horma con el zapato (0.45 min.), se montan los lados (0.43 min.), luego se montan los talones (0.24 min.), se desgastan lados (0.18 min.), y después se empastan (0.20 min.). Otro operario transporta los zapatos a los activadores (3 mts., 0.13 min.), se activa el pegamento por medio

del calor del activador (0.12 min.), se pega la suela (0.45 min.) y se quitan los residuos (0.31 min.). Otro operario quita la horma e inspecciona las botas (0.18 min.), se cose la suela (0.25 min.), se le ponen las cintas a las botas (0.58 min.), se limpian y etiquetan las botas (0.35 min.), por último se empacan y supervisan (0.40 min.). Los tiempos anteriores son por unidad.

Se tiene una demanda de 5000 pares al mes. La jornada de trabajo será diurna ordinaria y se trabajarán 2 horas extras al día de lunes a viernes con descanso de una hora de lunes a viernes.

Solución

Primero se elabora una tabla que contenga las estaciones y los tiempos estándar de cada estación (ver tabla XLII).

Tabla XLII. Estaciones y tiempos estándar para la elaboración de botas casuales de la empresa “MODAS, S.A.”; caso práctico 3.9.3

Estación	T. Est. (min) Unidad	T. Est. (min) Par	T. Est. Permitido	Constante	No. De Operarios		Operación Más lenta
					Teórico	Real	
1	1,85	3,7	4,62	0,567	2,09	2	1,85
2	2,31	4,62	4,62	0,567	2,62	3	1,54
3	1,73	3,46	4,62	0,567	1,96	2	1,73
4	1,01	2,02	4,62	0,567	1,14	1	2,02
5	1,76	3,52	4,62	0,567	1,99	2	1,76
Totales	8,66	17,32	23,1	0,567	9,8	10	

Fuente: elaboración propia

a) Se calcula la eficiencia de la siguiente forma:

$$E = \frac{\sum T.Est.}{\sum T.Est. Permitido} * 100$$

$$E = \frac{17.32}{23.10} * 100 = 74.98 \%$$

La línea trabaja con una eficiencia del 74.98 %

b) Se procede a calcular el tiempo disponible para un mes, como el problema no nos especifica que mes vamos a laborar tomamos como base un mes comercial.

$$\text{Lunes a Viernes} = \frac{9 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{5 \text{ dias}}{1 \text{ semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}} = 180 \text{ horas}$$

$$\text{Sábado} = 4 \text{ horas} * 4 = 16 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 180 + 16 = 196 \text{ horas}$$

c) Luego se calcula la tasa de producción:

$$R = \frac{\text{Demanda}}{T. disponible * 60}$$

$$R = \frac{5000}{196 * 60} = 0.42517 \text{ pares/minuto}$$

La constante "60" que utilizamos en el denominador de la ecuación nos sirve para transformar las horas disponibles en minutos y obtener el

valor de R en pares por minuto, si el tiempo estándar estuviera en segundos, utilizaríamos el valor de 3,600 para el mismo efecto

- d) Se procede a calcular el número total de operarios que la línea de producción requiere.

$$\# \text{ Total de operarios} = \frac{R * \sum T. \text{Estandar}}{E}$$

$$\# \text{ Total de operarios} = \frac{0.42517 * 17.32}{0.7498} = 9.8 \approx 10 \text{ operarios}$$

- e) Se calcula la constante de la siguiente forma:

$$\text{Constante} = \frac{\text{Demanda}}{T. \text{Disponible} * 60 * E}$$

$$\text{Constante} = \frac{5000}{196 * 60 * 0.7498} = 0.567$$

Este valor nos permitirá calcular el número de operarios que necesitamos en cada estación, debemos colocar este valor en la columna de “Constante”, luego se multiplica este valor por el tiempo estándar de cada estación el cual nos permitirá conocer el número de operarios por estación

- f) Por último se procede a calcular el Ritmo de la Línea como sigue:

$$\text{Ritmo de la Línea} = \frac{\# \text{ Operarios en la estación mas lenta} * 60}{\text{Tiempo estándar de la operación mas lenta}}$$

$$\text{Ritmo de la Línea} = \frac{1 * 60}{2.02} = 29.70 \text{ pares/hora}$$

El valor de “60” que se tiene en el numerador cumple la misma función que en la fórmula para el cálculo de la tasa de producción “R”.

Ahora que tenemos el ritmo de la línea por hora, procedemos a calcular si es posible satisfacer la demanda con el tiempo disponible de la siguiente manera:

$$\text{Producción} = 196 \text{ horas} * 29.70 \text{ pares/hora}$$

$$\text{Producción} = 5822 \text{ pares}$$

Entonces, podemos concluir que, la línea de producción con una eficiencia del 74.98%, con un total de 10 operarios y un ritmo de línea de 29.7 pares/hora, es capaz de cumplir la demanda de 5,000 pares de botas en un tiempo de 196 horas efectivas.

3.9.4 Caso práctico

La empresa “NERV” se dedica al ensamble de aparatos electrónicos, dicha empresa cuenta con una línea de ensamble con las siguientes especificaciones:

- Su producción diaria es de 62 unidades;
- Trabaja con una eficiencia del 95%.

Se requiere entonces que se realice un análisis para determinar cómo crear y distribuir el número de estaciones de trabajo óptimo para ésta línea, para el tiempo del operador se cuenta con una jornada de trabajo diurna. Las operaciones y sus tiempos se presentan a continuación:

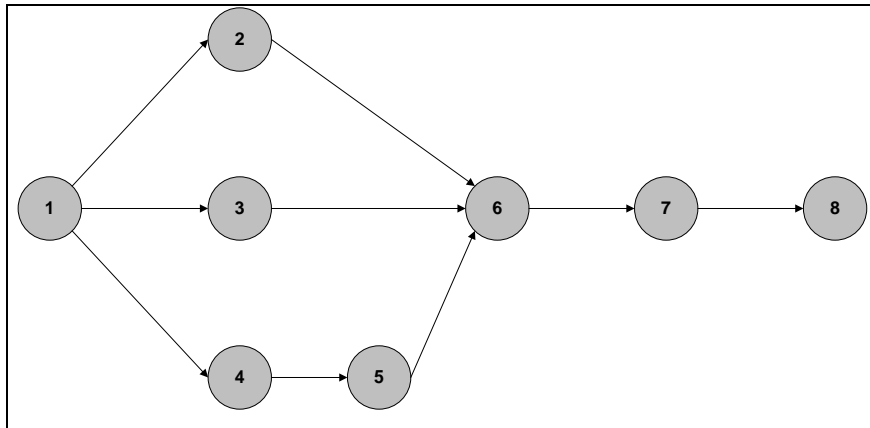
Tabla XLIII. Tiempos estándar de las operaciones necesarias para ensamblar un componente electrónico en la empresa “NERV”; caso práctico 3.9.4

No.	Operación	Tiempo estándar (minutos)
1	Limpiar unidades y piezas	0.42
2	Colocar la unidad 1	0.88
3	Colocar tableta “B”	3.10
4	Colocar la unidad 2	2.90
5	Colocar unidad 3 en unidad 2	1.20
6	Colocar pieza 1 y pieza 2	1.10
7	Calibrar dispositivo	3.10
8	Empacar dispositivo	3.20

Fuente: elaboración propia

La secuencia de operaciones se muestra en el siguiente diagrama (ver figura 31).

Figura 31. **Secuencia de operaciones para el ensamblado de un dispositivo electrónico en la empresa “NERV”; caso práctico 3.9.4**



Fuente: elaboración propia

Solución

- a) El primer paso consiste en calcular el peso posicional de cada una de las operaciones, esto es el tiempo estándar de la operación más el tiempo estándar de cada una de las operaciones que le siguen, por ejemplo a la operación 1 (tomando ya en cuenta su propio tiempo) le siguen las operaciones 2,3,4,5,6,7 y 8; a la operación 2 le siguen las operaciones 6, 7 y 8 y así sucesivamente; luego, de acuerdo a la suma se le asigna una literal para ordenarlos de mayor a menor, obteniendo lo siguiente:

- | | | |
|----|---|---|
| 1) | $0.42+0.88+3.10+2.90+1.20+1.10+3.10+3.20 = 15.90$ | A |
| 2) | $0.88+1.10+3.10+3.20 = 8.28$ | E |
| 3) | $3.10+1.10+3.10+3.20 = 10.50$ | C |
| 4) | $2.90+1.20+1.10+3.10+3.20 = 11.50$ | B |
| 5) | $1.20+1.10+3.10+3.20 = 8.60$ | D |
| 6) | $1.10+3.10+3.20 = 7.40$ | F |
| 7) | $3.10+3.20 = 6.30$ | G |
| 8) | 3.20 | H |

b) Ya teniendo los tiempos ordenados de acuerdo a su valor posicional debemos calcular el tiempo del ciclo, esto es el tiempo total que se toma para fabricar una unidad, para ello empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible jornada} * \text{Eficiencia} * 60}{\text{Producción diaria}}$$

El factor de “60” que tenemos en el numerador nos permite obtener el tiempo disponible en minutos. Entonces, tenemos:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{8 * 0.95 * 60}{62} = 7.36 \text{ minutos}$$

c) Ahora procedemos a calcular el número teórico mínimo de estaciones que se requieren, para ello usamos la siguiente fórmula:

$$\# \text{ Estaciones} = \frac{\sum \text{Tiempo Estándar}}{\text{Tiempo del ciclo}} = \frac{15.90}{7.36} = 2.16 \text{ estaciones}$$

d) Ahora ya que poseemos el número teórico de estaciones, vamos a combinar las operaciones en base al peso posicional que les asignamos en

el paso número 1, para ello debemos tomar en cuenta el tiempo del ciclo, esto se hará mediante una sumatoria ó tiempo acumulado el cual nos indicará que cuando ésta sea lo suficientemente cercana al valor del tiempo del ciclo, allí se combinarán las operaciones y formarán la estación de trabajo (ver tabla XLIV); entonces tenemos:

Tabla XLIV. Peso posicional y tiempos operacionales para el ensamble de un componente electrónico de la empresa “NERV” (operaciones 1 a 4); caso práctico 3.9.4

Peso Posicional	No. Operación	Tiempo de la operación	Acumulado
A	1	0.42	0.42
B	4	2.90	3.32
C	3	3.10	6.42
D	5	1.20	7.62

Fuente: elaboración propia

Notamos que la operación “5” sobrepasa el tiempo del ciclo (7.36 minutos), por lo que la primera estación estará conformada por las operaciones 1, 3 y 4.

De la misma manera seguimos para las demás operaciones, obteniendo lo siguiente:

Tabla XLV. **Peso posicional y tiempos operacionales para el ensamble de un componente electrónico de la empresa “NERV” (operaciones 4 a 8); caso práctico 3.9.4**

Peso Posicional	No. Operación	Tiempo de la operación	Acumulado
D	5	1.20	1.20
E	2	0.88	2.08
F	6	1.10	3.18
G	7	3.10	6.28
H	8	3.20	9.48

Fuente: elaboración propia

Notamos también que la operación “8” sobrepasa el tiempo del ciclo (7.36 minutos), por lo que la segunda estación estará conformada por las operaciones 2, 5 y 6 y la tercer y última estación estará conformada por la operación 8.

- e) Ya teniendo la distribución de las estaciones de trabajo, es necesario que calculemos la tasa de producción de la línea, esto es tomar el tiempo de operación de la estación más lenta (cuello de botella) y así obtener el número de unidades a producir en un día. Se va a tomar el tiempo más lento para que la línea trabaje a la velocidad del cuello de botella. Entonces, para esto vamos a utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Unidades a producir por día} = \frac{\text{Tiempo Jornada} * 60 * \text{Eficiencia}}{\text{Tiempo estación más lenta}}$$

Recordando que estamos trabajando una jornada diurna, por lo que tenemos 8 horas diarias, la línea opera con una eficiencia del 95%, el tiempo de la estación más lenta es de 6.42 minutos (estación 1), por lo que tenemos:

$$\text{Unidades a producir por día} = \frac{8 * 60 * 0.95}{6.42} = 71 \text{ unidades/día}$$

Entonces, podemos concluir que la línea de producción estará conformada por tres estaciones:

Estación 1: Operaciones 1, 3 y 4

Estación 2: Operaciones 2, 5, 6 y 7

Estación 3: Operación 8

Y trabajando a una eficiencia del 95% y a la velocidad del cuello de botella (6.42 minutos, estación 1), la producción diaria será de 71 unidades.

4. MANUAL DE PRÁCTICAS PARA DISEÑO DE LA PRODUCCIÓN

4.1 Práctica No. 1 Conceptos generales y diseño de la empresa

4.1.1 Definición de producto

Un producto puede definirse como un bien o un servicio que sirve para satisfacer necesidades, está hecho con la mejor calidad y al menor costo. El producto es el resultado de una estrategia empresarial, le sirve a la compañía para cumplir su misión y su visión, además de generar utilidades.

4.1.2 Funciones de una organización

Las funciones de supervivencia que una organización desempeña se resumen así:

- a) Producción/ Operaciones: Crean el producto o servicio;
- b) Mercadeo: Nada sucede hasta que exista una venta;
- c) Finanzas/ Contabilidad: Paga las cuentas y cobra dinero.

4.1.3 Actividades que realizan los administradores de producción/operación

- Proceso administrativo: Planear, organizar, asesorar, liderar, controlar;

- Áreas de decisión: productividad y estrategia, pronósticos, administración de la calidad total, diseño del producto y proceso, localización y distribución en planta, compras y el sistema justo a tiempo, inventarios, etc.

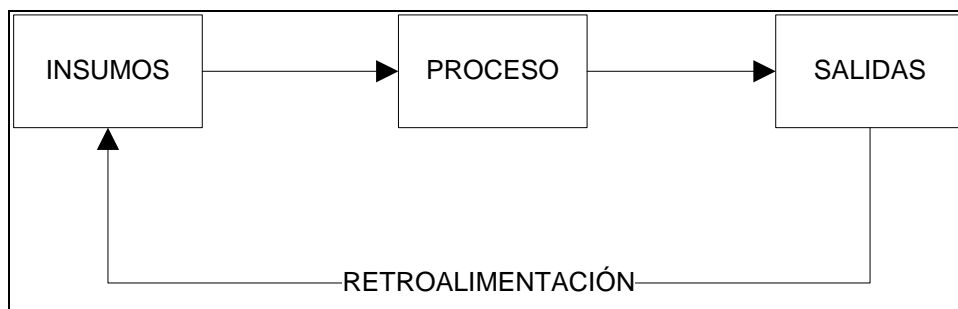
4.1.4 El reto de la productividad

La producción es la creación de bienes y servicios que igual a la transformación de recursos. La productividad se traduce como una mejora del proceso productivo. Se puede calcular así:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Insumos\ empleados}$$

El proceso de conversión se representa gráficamente de la siguiente manera (ver figura 32).

Figura 32. **Transformación de insumos en bienes y servicios**



Fuente: Alejandro Schinarch. Nuevo producto, creatividad, innovación y marketing. Pág. 48

- Insumos: mano de obra, materia prima, capital, energía eléctrica, combustibles, servicios generales, material de empaque, administración, etc.;

- Proceso: transformación de recursos, proceso productivo, diagramas, maquinaria, instalaciones, fórmulas, procedimientos;
- Salidas: bienes y/o servicios.

La productividad requiere de misión y estrategia. La misión es la razón de ser de la organización y la estrategia es el plan de acción que permite lograr los objetivos y las metas trazadas. Una función de operaciones bien cimentada y bien administrada incrementa la productividad y genera una ventaja competitiva.

4.2 Práctica No. 2 Diseño del producto y técnicas de creatividad

4.2.1 Diseño del producto y técnicas de creatividad

Una estrategia de producto efectiva requiere seleccionar, diseñar y definir un producto para después hacer que dicho producto transite a producción. Solo cuando esta estrategia se lleva a cabo de manera correcta, la función de producción puede contribuir su máximo a la organización. El administrador de operaciones debe construir un sistema de desarrollo de producto que tenga la habilidad de concebir, diseñar y fabricar productos que den una ventaja competitiva a la empresa. Las especificaciones escritas, listas de materiales y dibujos de ingeniería son de gran ayuda para la creación y diseño de nuevos productos.

4.2.2 Proceso de desarrollo de nuevos productos

A continuación se listan los pasos a seguir para la generación y desarrollo de nuevos productos:

a) Generación de la idea

Las ideas surgen a partir de las necesidades del mercado o a partir de la tecnología. Las ideas del mercado se derivan de las necesidades del consumidor. La identificación de las necesidades del mercado puede llevar entonces al desarrollo de nuevas tecnologías y productos para satisfacer estas necesidades

b) Selección del producto

No todas las ideas deben desarrollarse y convertirse en nuevos productos. Las ideas para nuevos productos deben pasar por lo menos tres pruebas: 1) el potencial del mercado, 2) la factibilidad financiera y 3) la compatibilidad con las operaciones. El propósito del análisis de selección de productos es identificar cuáles son las mejores ideas y no el llegar a una decisión definitiva de comercialización y producción de un producto

c) Diseño preliminar del producto

Esta etapa del proceso de diseño de un producto se relaciona con el desarrollo del mejor diseño para la idea del nuevo producto. Con esto nos referimos a que se puede construir un prototipo o prototipos para someterlos a pruebas adicionales y análisis

d) Construcción del prototipo

La construcción del prototipo puede tener varias formas diferentes. Se pueden fabricar varios prototipos que se parezcan al producto final. Una

vez que se ha aprobado el prototipo con éxito, se puede terminar el diseño definitivo y dar el servicio en franquicia y desarrollarlo a gran escala

e) Pruebas

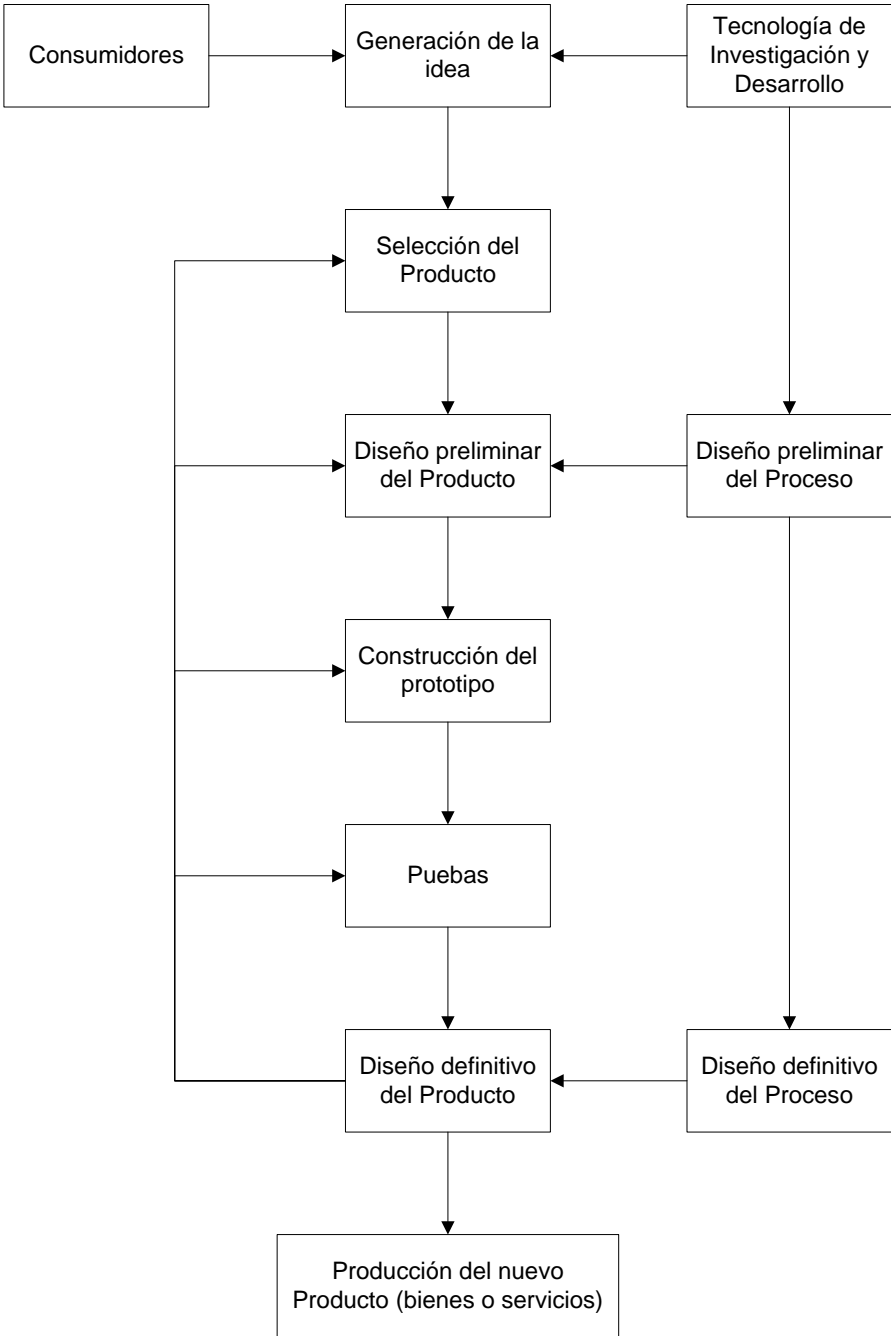
Las pruebas de los prototipos buscan verificar el desempeño técnico y comercial. Una manera de apreciar el desempeño comercial es construir suficientes prototipos como para apoyar una prueba de mercado para el producto. Las pruebas de mercado casi siempre duran entre seis meses y dos años, se limitan a una región geográfica pequeña. El propósito de una prueba de mercado es obtener datos cuantitativos sobre la aceptación que tiene el producto entre los consumidores

f) Diseño definitivo del producto

Durante la fase de diseño definitivo, se desarrollan dibujos y especificaciones para el producto en cuestión. Como resultados en las pruebas de los prototipos se pueden incorporar ciertos cambios al diseño definitivo. Cuando se hacen cambios, el producto puede someterse a pruebas adicionales para asegurar el desempeño del producto final. La atención se enfoca entonces en la terminación de las especificaciones de diseño para que se pueda proceder con la producción

4.2.3 Esquema del proceso de desarrollo de nuevos productos

Figura 33. Esquema para la creación y desarrollo de nuevos productos








Fuente: Alejandro Schinarch. Nuevo producto, creatividad, innovación y marketing. Pág. 49

4.3 Práctica No. 3 Diseño del proceso (diagramas de operaciones y procesos)

4.3.1 Definición de diagrama de proceso

Un diagrama de proceso es una representación gráfica la cual muestra los pasos o secuencia de actividades que se siguen dentro un procedimiento, identificándolos por medio de símbolos de acuerdo a su naturaleza. Este diagrama incluye toda la información que se considera necesaria para realizar el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada de materia y tiempo requerido, todo ello con la finalidad de descubrir y eliminar ineficiencias. Es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante cualquier proceso dado, estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes (ver tabla XLVI).

Tabla XLVI. Descripción de los distintos símbolos utilizados para la elaboración de los diagramas de proceso

Símbolo	Ítem	Función
	Operación	Se usa para indicar una operación, se utiliza para referirse a cualquier acción tendiente a aumentar el valor de las materias primas.
	Inspección	Se usa para examinar o comprobar la calidad del trabajo.
	Demora	Este símbolo indica que se están esperando materias primas ó demora en el desarrollo de la producción.
	Traslado	Indica transporte o movimiento de las materias de una estación a otra.
	Almacenaje	El triángulo derecho indica almacenamiento del producto terminado materia prima, mientras que el triángulo invertido indica almacenamiento de materia prima.

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 118




4.3.2 Diagrama de operaciones del proceso (DOP)

Este tipo de diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, límites de tiempos y materiales que se emplean en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. Este diagrama también señala la entrada de todos los componentes y subcomponentes o subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. El diagrama de operaciones debe contener en su inicio un encabezado que contenga la siguiente información:

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO	
Empresa:	Hoja # de #
Departamento:	Fecha:
Analizado por:	Método:
Inicio:	Finaliza

Los símbolos utilizados en el Diagrama de Operaciones son los siguientes (ver tabla XLVII).

Tabla XLVII. **Descripción de los símbolos utilizados para elaborar un diagrama de operaciones**

	Operación: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento; por lo común, la pieza, material o producto del caso que se modifica o cambia durante la operación.
	Inspección: Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas.
	Combinación: Indica el momento en el que se lleva a cabo una operación que a la vez está siendo inspeccionada.

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 118

4.3.3 Diagrama de flujo de proceso (DFP)

Este diagrama es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera esencial para el análisis, por ejemplo el tiempo necesario y la distancia recorrida. Proporciona una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso, ayuda a mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales. También sirve para disminuir las esperas, así como también para comparar métodos, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio detallado.






Este diagrama entonces, contiene más detalles que el DOP. Por medio de éste diagrama podemos determinar los costos ocultos, distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales, los cuales al ser analizados pueden ayudar al mejoramiento del proceso productivo en proceso.

El encabezado que utiliza es el mismo que el diagrama de operaciones del Proceso:

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO	
Empresa:	Hoja # de #
Departamento:	Fecha:
Analizado por:	Método:
Inicio:	Finaliza

Los símbolos que utiliza también son los mismos que en el DOP, pero además contiene los siguientes (ver tabla XLVIII).

Tabla XLVIII. **Descripción de los símbolos que se emplean para elaborar un diagrama de flujo del proceso**

	<p>Transporte: Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro. Se considera transporte cuando la distancia recorrida es mayor o igual a 1.5 metros.</p>
	<p>Demora: Indica a un período de tiempo en el que se registra una inactividad ya sea en los trabajadores, materiales, equipo, puede ser evitable o también inevitable.</p>
	<p>Almacenamiento: Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.</p>
	<p>Líneas Verticales: Para indicar el flujo del proceso.</p>
	<p>Líneas horizontales: Para indicar la introducción o salida de materiales o materia prima, ya sea por compra, por trabajo hecho en otra operación.</p>

Fuente: Ing. Sergio Torres, Ingeniería de Plantas. Pág. 118

4.3.4 Diagrama de recorrido de proceso (DRP)

Se utiliza como un complemento del diagrama de flujo, especialmente cuando en el proceso interviene un espacio considerable. El diagrama de recorrido muestra todas las actividades que aparecen en el diagrama de flujo, muestra en planta el recorrido del proceso. Esta información, distribución en planta y las actividades del diagrama de flujo, sirve de guía para realizar un método mejorado, por ejemplo, revisiones del equipo de planta, acortar distancias, áreas para almacenamientos temporales, bodegas de producto terminado, de materia prima para la redistribución de la planta, etc.

En el diagrama de recorrido, cada actividad se localiza e identifica por símbolos y números correspondientes a los que se encuentran en el diagrama de flujo.

4.3.5 Caso práctico

La empresa “El Santo”, que se dedica a la fabricación de puertas de madera, contrato a un ingeniero industrial para que realice un estudio de las actividades que conlleva la fabricación de una puerta tipo colonial, y las operaciones son las siguientes:

Los materiales para la elaboración de una puerta son enviados de bodega hacia el departamento de producción (9 mts., 0.5 min.), un operario corta los pares verticales (7 min.), se traslada hacia cepillado (1 mts., 0.5 min.) donde se cepillan los pares verticales (8 min.) y se envían al área de pegado (1.5 mts. 0.5 min.). Al mismo tiempo que se envían los pares verticales, se preparan los horizontales donde otro operario los corta (10 min.), luego son enviados a cepillado (1.5 mts. 1 min.) donde son cepillados (10 min), después son enviados hacia el área de pegado (1.5 mts. 1 min.) donde se procede a pegar los pares verticales con los horizontales (15 min.), se espera que se seque la cola (15 min), luego se verifican si están bien pegados los pares para luego proceder a clavar; de lo contrario se regresan al área de pegado (6 min.), después se envía al área de forro “A” (1.6 mts. 0.8 min.). Mientras se cepillan los pares verticales se envía a bodega el forro “A”, el cual se procede a cortar (5 min.), luego se cepilla (4 min.), para poderlo enviar hacia el área de forro “A” (4 mts. 2 min), se pegan los pares con el forro “A” (7 min.) y se seca (15 min.), luego se verifica que esté bien pegado para proceder a clavar (6 min.), luego se envía al área de forro “B”. Mientras que se está cortando el forro “A”, es enviado de bodega el forro “B”, el cual se procede a cortar (5 min.), luego se cepilla (4 min.) para después enviarlo hacia el pegado con pares (9 mts. 4 min.), se

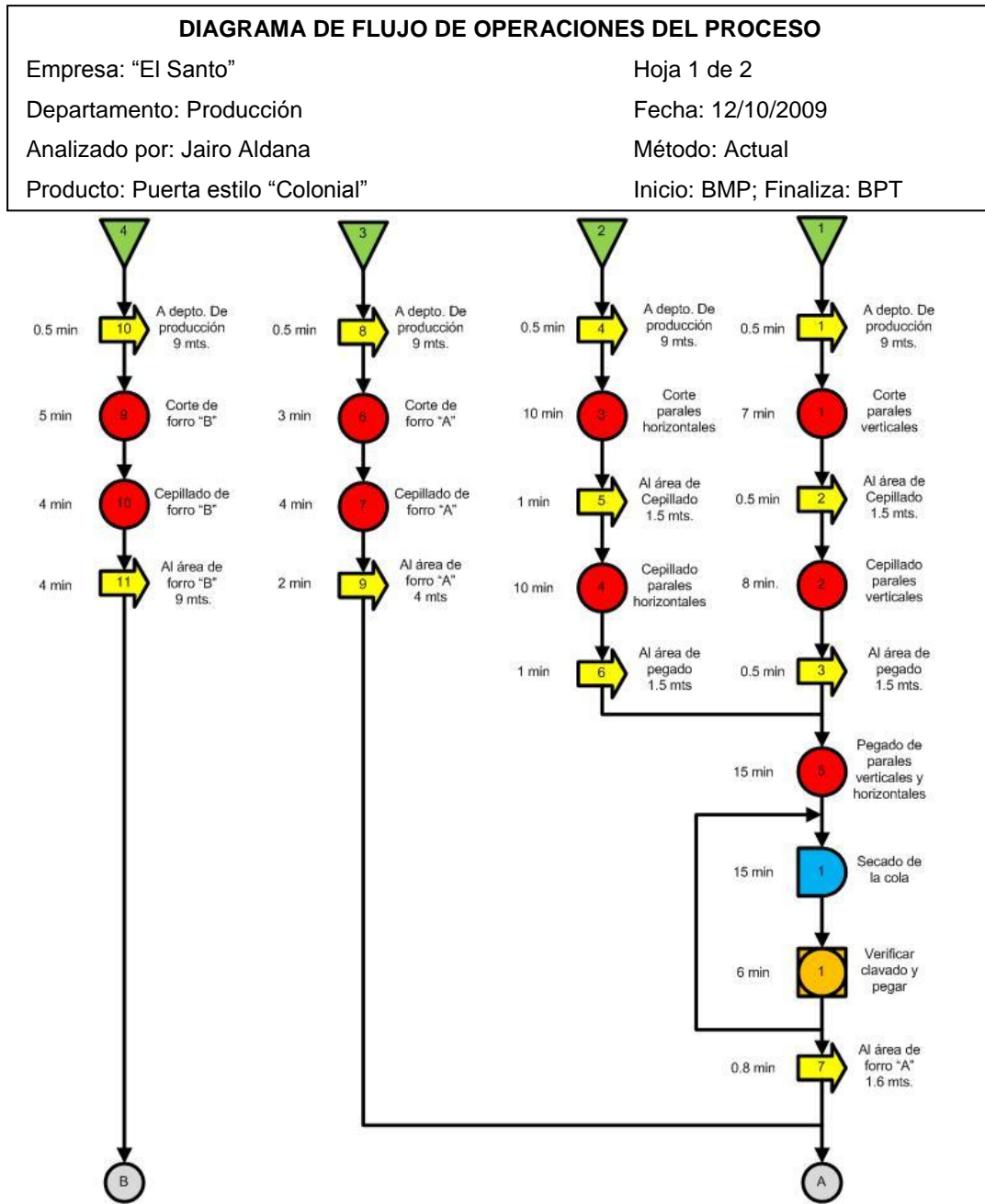
pegan los parales con el forro "B" (7 min.), luego se seca (15 min.), luego se envían a una mesa donde se espera que se acumulen 5 puertas (5 min.), para después proceder a revisar que esté bien pegado para poder clavar los parales con el forro "B" (6 min.), luego se cepillan los extremos (10 min.), luego se rectifican las medidas (5 min.), para finalmente enviarla hacia bodega de producto terminado (1.5 mts. 0.5 min).

Se solicita entonces que realice los diagramas de Flujo, Operaciones y Recorrido del proceso.

Solución

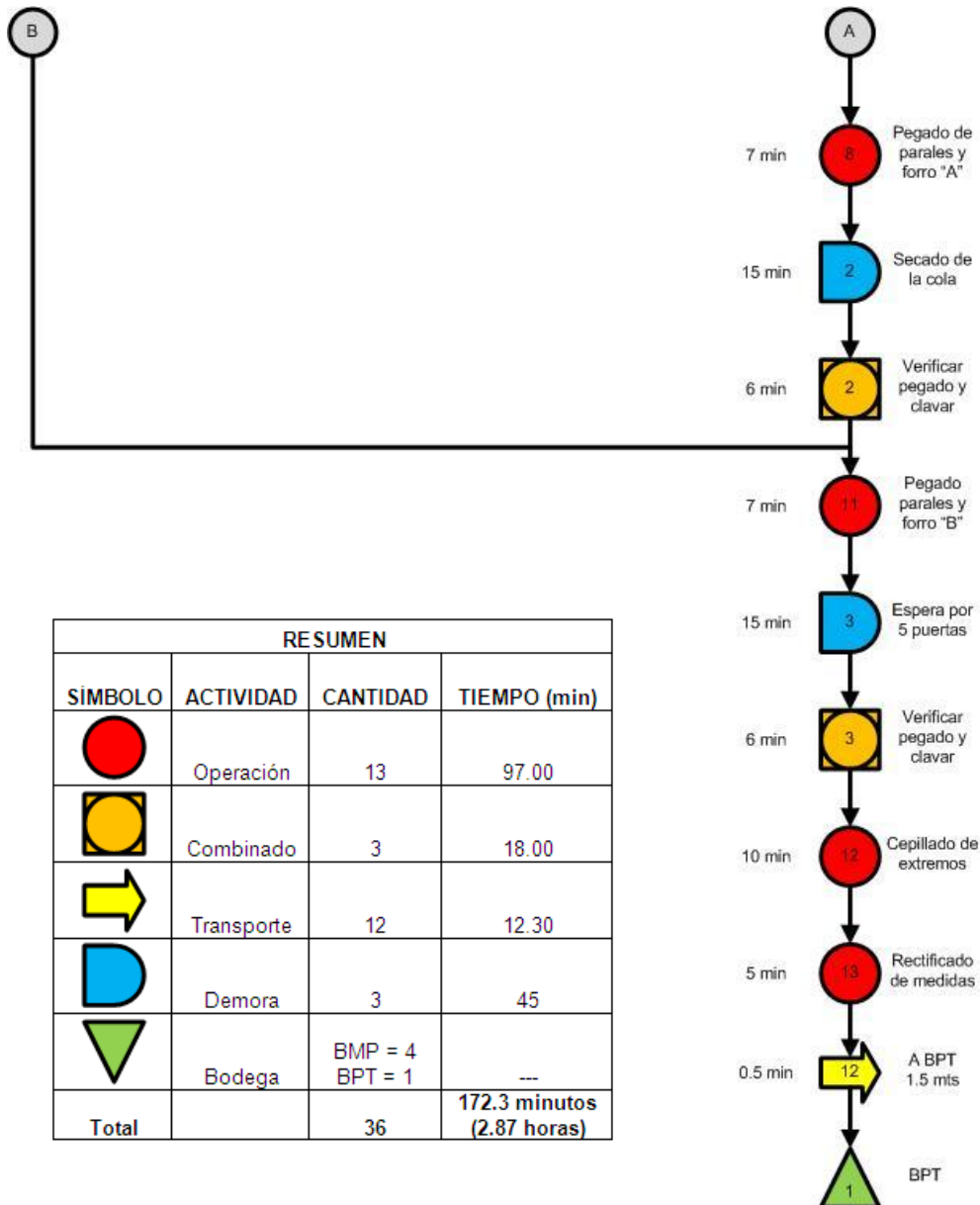
Figura 34. Diagrama de flujo de operaciones de proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 4.3.5

1/2



Fuente: elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO	
Empresa: "El Santo"	Hoja 1 de 2
Departamento: Producción	Fecha: 12/10/2009
Analizado por: Jairo Aldana	Método: Actual
Producto: Puerta estilo "Colonial"	Inicio: BMP; Finaliza: BPT

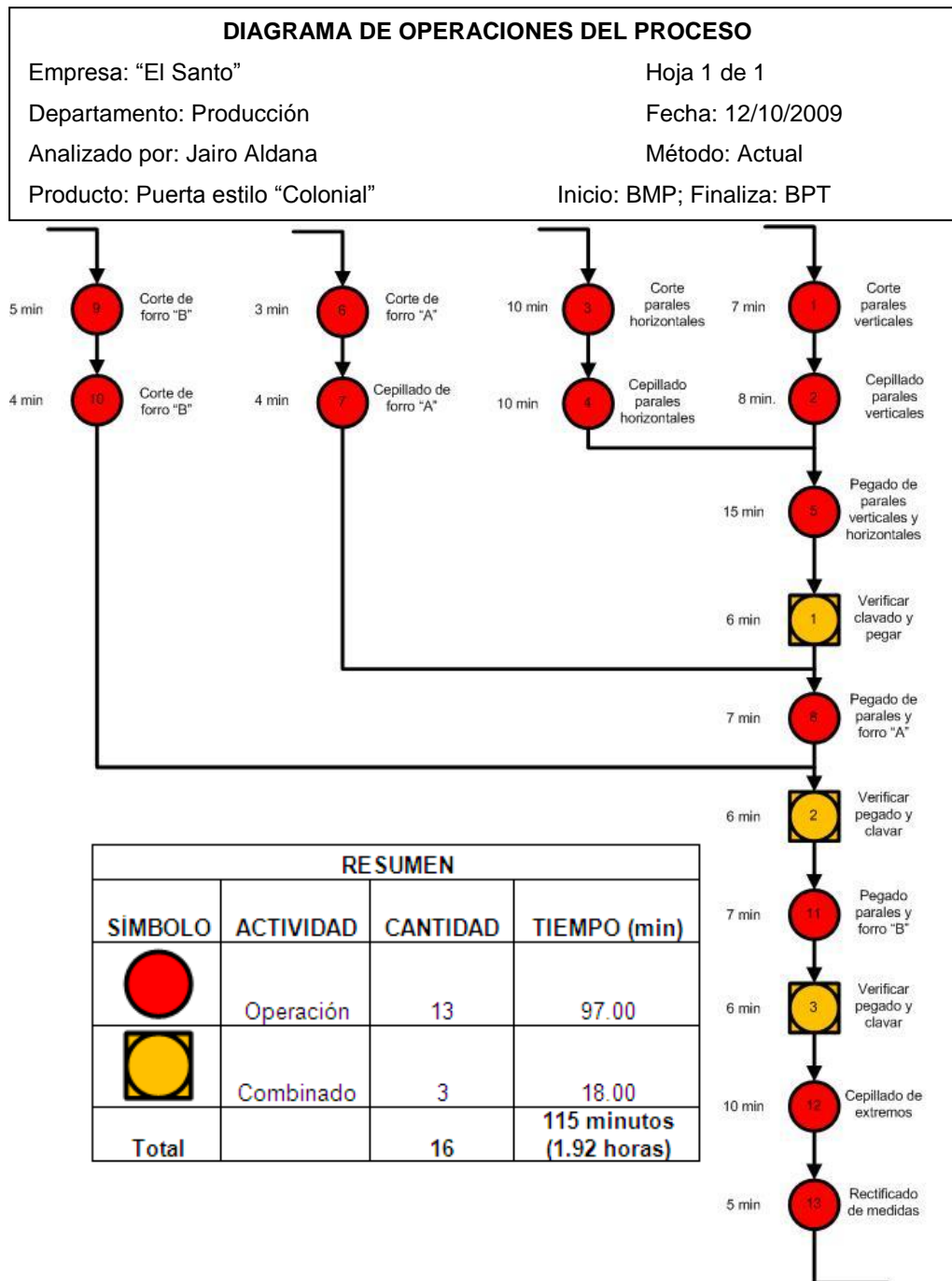


RESUMEN			
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)
	Operación	13	97.00
	Combinado	3	18.00
	Transporte	12	12.30
	Demora	3	45
	Bodega	BMP = 4 BPT = 1	---
Total		36	172.3 minutos (2.87 horas)

Fuente: elaboración propia

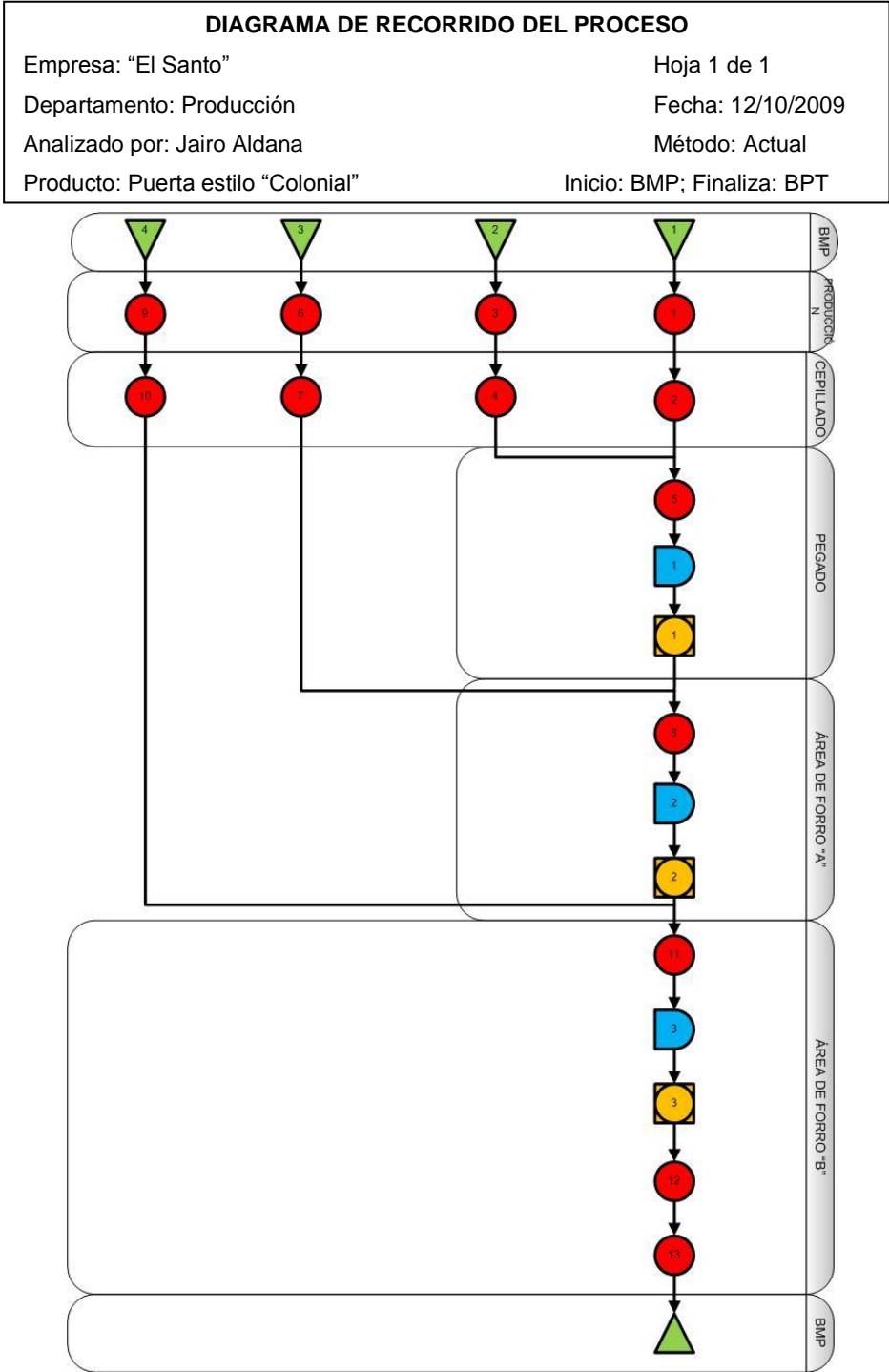
Figura 35. Diagrama de operaciones del proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 4.3.5

1/2



Fuente: elaboración propia

Figura 36. Diagrama de recorrido del proceso para la elaboración de una puerta de madera tipo “colonial”; caso práctico 4.3.5



Fuente: elaboración propia

4.4 Práctica No. 4 Diseño de operaciones de servicio

4.4.1 Características generales

Como pudo observarse en el diagrama del proceso de desarrollo de nuevos productos, también es necesario hacer el diseño preliminar y definitivo del proceso.

Entre las decisiones más importantes realizadas por los gerentes de operaciones, están aquellas que involucran el diseño del proceso físico para producir bienes y servicios.

Los tipos principales de clasificación de los procesos son: por el tipo de flujo de productos y por el tipo de pedido del cliente.

4.4.2 Clasificación por tipo de flujo de productos

Para el caso del tipo de flujo de productos, existen tres tipos, estos son:

- a) Flujo lineal: se caracteriza por una secuencia de operaciones lineal que se utiliza para fabricar el producto o dar el servicio. En ocasiones las operaciones de flujo lineal se dividen en dos tipos de producción: masiva y continua.

- b) Flujo intermitente: se caracteriza por la producción de lotes a intervalos intermitentes. En estos casos tanto el equipo como la mano de obra se organizan en centros de trabajo. Una característica de los procesos intermitentes es que agrupan equipos similares y habilidades de trabajo parecidas. En contraste, el flujo lineal se denomina distribución por productos debido a que los distintos procesos, el equipo y las habilidades

laborales se colocan en una secuencia de acuerdo a la manera en que se fabrica el producto.

- c) Flujo por proyecto: la forma de operaciones por proyecto se utiliza para producir productos únicos tales como una obra de arte, un edificio. Cada unidad de estos productos se elaboran como un solo artículo. Estrictamente hablando, no existe un flujo del producto para un proyecto, sin embargo existe una secuencia de operaciones. En este caso las operaciones individuales o tareas se deben de colocar en una secuencia tal que contribuya a los objetivos definitivos del proyecto. La forma de operaciones por proyecto se utiliza cuando hay una gran necesidad de creatividad y de conceptos únicos.

4.4.3 Clasificación por tipo de pedido del cliente

Otro aspecto importante que afecta la selección del proceso es ver si el producto se fabrica para ser almacenado en inventario o para surtir un pedido del cliente.

Los factores que se deben de tomar en cuenta en la selección del proceso son:

- Condiciones de mercado;
- Las necesidades de capital;
- La mano de obra;
- Las habilidades gerenciales;
- La materia prima;
- La tecnología.

Así como los productos se desarrollan y sufren cambios durante su ciclo de vida, también hay innovación en los procesos, ambos casi siempre siguen las siguientes etapas:

- a) Flexibilidad y adaptación;
- b) Estandarización y automatización;
- c) Reducción de costos, manteniendo estándares aceptables de servicio y calidad.

Todas las empresas desarrollan estrategias corporativas para competir en el mercado; entre estas estrategias se encuentran las de “crecimiento”, como la integración vertical hacia delante, la integración vertical hacia atrás y la integración horizontal. A continuación definiremos cada una de ellas:

- a) Integración Vertical hacia atrás: ocurre cuando una compañía se introduce en los ramos de sus proveedores, generalmente para controlar la calidad de los componentes, la puntualidad de las entregas o la estabilidad de los precios. Esta estrategia se implementa mediante la adquisición de compañías proveedoras o la creación de nuevas empresas que brinden los mismos bienes o servicios que los proveedores.
- b) Integración Vertical hacia adelante: ocurre cuando una compañía se introduce en el campo de actividad de sus clientes, acercándose de este modo al consumidor final.
- c) Integración horizontal: es la estrategia empresarial que consiste en adquirir una compañía competidora, a fin de consolidarse y ampliar su participación en el mercado.

4.5 Práctica No. 5 Secuencia de prioridades

4.5.1 Aspectos generales

Los sistemas de conversión se pueden clasificar de una manera general como continuos o intermitentes, dependiendo de las características del proceso de conversión y del producto o servicio. Un sistema continuo o del tipo de ensamble es aquel en el que se producen cantidades grandes o indefinidas de un producto homogéneo. Por otra parte, los sistemas intermitentes producen una gran variedad de productos, uno a la vez (en cuyo caso se dice que están hechos a la medida) o números finitos de lotes de diferentes productos de acuerdo con el pedido del cliente. Muchas instalaciones de conversión no son estrictamente intermitentes o sólo continuas, sino una combinación de ambas.

Dentro de un contexto de manufactura, los sistemas intermitentes se conocen de manera tradicional como *talleres*. A medida que llegan las órdenes de trabajo, se incrementa la carga de trabajo en la instalación. Algunos centros de trabajo pueden permanecer ociosos, mientras que otros pueden estar bastante sobrecargados. Un centro de trabajo puede tener una gran cantidad de pedidos por procesar. Cuando se ha completado una orden de trabajo, el equipo debe ser reacomodado o ajustado antes de que la orden siguiente pueda procesarse. El reto que se le presenta al taller es administrar estos flujos de órdenes.

La secuencia en la que deben de procesarse los trabajos pendientes es importante en la determinación de la eficiencia y eficacia del sistema intermitente. La secuencia determina la magnitud del retraso en los trabajos, los costos incurridos en la puesta en marcha y en las modificaciones, los tiempos muertos para las entregas, los costos de los inventarios y el grado de

congestionamiento en las instalaciones. Es un hecho que la programación de sistemas intermitentes presenta un reto para los gerentes de operaciones.

4.5.2 Reglas para dar prioridad a las secuencias

Las siguientes reglas son representativas de las muchas que se utilizan actualmente en los sectores industriales de la manufactura y de los servicios:

- a) Primero en entrar, primero en salir (PEPS): como bien lo indica su nombre, el primero en llegar es el primero que recibe el servicio. De acuerdo con esta regla como su nombre lo sugiere, se atienden a los trabajos o las personas en el orden con el que llegaron. Se aplica comúnmente en el sector de servicios, en empresas como bancos, supermercados, etc.
- b) Último en entrar, primero en salir (UEPS): el último en llegar es el primero en salir. Este método es lo contrario del anterior, como lo indica su nombre, en este se atienden los trabajos del último al primero.
- c) Fecha más próxima de terminación (FMPT): la máxima prioridad se asigna al trabajo que espera y que tiene la fecha más próxima de terminación. Esta regla ignora el momento en que llegan los trabajos y el tiempo que cada uno de ellos requiere.
- d) Tiempo de proceso más breve (TPMB): el trabajo que pueda terminarse en este centro de trabajo en el tiempo más breve, será el siguiente en procesarse. Las fechas límite de los trabajos y el orden de llegada no son importantes.

- e) Tiempo de proceso más corto truncado (TPMCT): esta regla es la misma que la anterior, con la excepción de que los trabajos que han esperado más tiempo del corte previamente fijado reciben la máxima prioridad y se procesan en seguida.
- f) Tiempo de holgura máxima (TPM): esta regla calcula la holgura de cada trabajo que espera y da la máxima prioridad a aquel que tiene la holgura mínima. La holgura es el tiempo que falta para su fecha límite, sin tomar en cuenta el tiempo que dura la operación del trabajo. Esta regla no toma en cuenta el orden de llegada.

4.5.3 Caso práctico

Para confeccionar un pantalón de una determinada medida se llevan 23 minutos por pantalón. La jornada de trabajo es ordinaria diurna con un descanso de 1 hora. Para calcular las fechas límites de cada orden se considera una holgura máxima del 25% para las dos primeras órdenes, no existe holgura para la 3 y 4, y es del 40% para las restantes. Se le solicita:

- ✓ Calcular por todos los métodos;
- ✓ Elaborar el cuadro de resumen;
- ✓ Tomar una decisión.

A continuación se presenta la tabla de órdenes (ver tabla XLIX).

Tabla XLIX. **Secuencia de órdenes recibidas y tiempos de fabricación para el caso práctico 4.5.3**

SECUENCIA DE ORDENES	PEDIDO (DOCE- NAS)	TIEMPO POR UNIDAD (MIN)	TIEMPO DE FABRICACIÓN (MIN)	TIEMPO DE FABRICACIÓN (HORAS)	FECHA LIMITE DE TERMINACIÓN
A	20	23	5520	92,00	115,00
B	15	23	4140	69,00	86,25
C	22	23	6072	101,20	101,20
D	12	23	3312	55,20	55,20
E	10	23	2760	46,00	64,40
F	18	23	4968	82,80	115,92

Fuente: elaboración propia

Solución

El tiempo de fabricación se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo de fabricacion} = 20 * 23 * 12 = 5520 \text{ minutos}$$

El tiempo de fabricación en horas se calcula como sigue:

$$\text{Tiempo de fabricaci3n} = \frac{5520}{60} = 92 \text{ horas}$$

La fecha límite de terminación se calcula así:

$$\begin{array}{l} 92 \text{ horas} \text{ ----- } 100\% \\ X \quad \quad \quad \text{----- } 25\% \end{array}$$

$$X = 25 * \frac{92}{100} = 23 \text{ horas}$$

Entonces la fecha límite de terminación queda de la siguiente forma:

$$\text{Fecha límite de terminación} = 92 + 23 = 115 \text{ horas}$$

Calculado así sucesivamente para cada orden de trabajo. Por lo tanto, con toda la información anterior podemos elaborar el Cuadro Base que nos servirá de punto de partida para aplicar cada uno de los métodos. Para elaborar dicho cuadro procedemos de la siguiente forma:

Tiempo nominal	=	8 horas (Se tiene jornada Diurna)
Descanso	=	<u>1 hora</u>
Tiempo Efectivo	=	7 horas

El tiempo de operación de la orden se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo de operación de la orden} = \frac{\text{Tiempo de fabricacion}}{\text{Tiempo Efectivo}} = \frac{92}{7} = 13.14 \text{ dias}$$

El tiempo de flujo de la orden es solamente sumar consecutivamente con el tiempo anterior.

La fecha límite de terminación de la orden se calcula como sigue:

$$\text{Fecha de terminación de la orden} = \frac{115}{7} = 16.43 \text{ dias}$$

Y así sucesivamente para cada una de las órdenes; por lo tanto obtenemos así el cuadro base (ver tabla L).

Cuadro base

Tabla L. **Tiempos de operación, de flujo y fechas límites para el caso práctico 4.5.3**

SECUENCIA DE ORDENES	TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA ORDEN (DÍAS)	TIEMPO DE FLUJO DE LA ORDEN	FECHA LIMITE DE TERMINACIÓN DE LA ORDEN (DÍAS)
A	13,14	13,14	16,43
B	9,86	23,00	12,32
C	14,46	37,45	14,46
D	7,89	45,34	7,89
E	6,57	51,91	9,20
F	11,83	63,74	16,56

Fuente: elaboración propia

a) Calculando las Secuencias de Prioridades por cada uno de los métodos

Método PEPS

La secuencia de las órdenes en este caso es la siguiente: A, B, C, D, E, F; (Ver tabla LI en la página siguiente).

Tabla LI. **Secuencia de ordenamiento según el método PEPS para el caso práctico 4.5.3**

SECUENCIA DE ORDENES	TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO DE LA ORDEN	FECHA LIMITE DE TERMINACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO - FECHA LIMITE
A	13,14	13,14	16,43	0,00
B	9,86	23,00	12,32	10,68
C	14,46	37,46	14,46	23,00
D	7,89	45,34	7,89	37,46
E	6,57	51,91	9,20	42,71
F	11,83	63,74	16,56	47,18
Sumatoria	63,75	234,60	--	161,03

Fuente: elaboración propia

Tiempo de terminación de la orden

Tiempo de terminación de la orden

$$= 13.14 + 9.86 + 14.46 + 7.89 + 6.57 + 11.83 = 63.75 \text{ días}$$

Tiempo promedio de terminación

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo de la orden}}{\textit{Número de ordenes en el sistema}}$$

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{234.60}{6} = 39.1 \text{ días}$$

Número promedio de órdenes en el sistema

$$\textit{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo}}{\sum \textit{Tiempo de terminación}}$$

$$\text{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{234.6}{63.74} = 3.68 \text{ órdenes/día}$$

Retraso promedio

Se toma el tiempo de flujo de la orden y se resta la fecha límite de terminación, siempre y cuando el tiempo de flujo sea mayor que el de la fecha límite, de lo contrario se pone "0", se suman y se dividen dentro de la cantidad de órdenes.

$$\text{Retraso promedio} = \frac{\sum \text{tiempo de flujo} - \text{fecha limite}}{\text{Número de ordenes}}$$

$$\text{Retraso promedio} = \frac{161.03}{6} = 26.84 \text{ días}$$

Se divide el retraso promedio dentro de 6 porque se tienen 6 órdenes de trabajo

Método UEPS

En este método la última orden que entra es la primera que se procesa (ver tabla LII).

LII. **Secuencia de ordenamiento según el método UEPS para el caso práctico 4.5.3**

SECUENCIA DE ORDENES	TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO DE LA ORDEN	FECHA LIMITE DE TERMINACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO - FECHA LIMITE
F	11,83	11,83	16,56	0,00
E	6,57	18,40	9,20	9,20
D	7,89	26,29	7,89	18,40
C	14,46	40,75	14,46	26,29
B	9,86	50,61	12,32	38,29
A	13,14	63,75	16,43	47,32
Sumatoria	63,74	211,63	--	139,50

Fuente: elaboración propia

Tiempo de terminación de la orden

Tiempo de terminación de la orden

$$= 13.14 + 9.86 + 14.46 + 7.89 + 6.57 + 11.83 = 63.75 \text{ días}$$

Tiempo promedio de terminación

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo de la orden}}{\textit{Número de ordenes en el sistema}}$$

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{211.63}{6} = 35.27 \text{ días}$$

Número promedio de órdenes en el sistema

$$\textit{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo}}{\sum \textit{Tiempo de terminación}}$$

$$\text{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{211.63}{63.75} = 3.32 \text{ órdenes/día}$$

Retraso promedio

Se toma el tiempo de flujo de la orden y se resta la fecha límite de terminación, siempre y cuando el tiempo de flujo sea mayor que el de la fecha límite, de lo contrario se pone "0", se suman y se dividen dentro de la cantidad de órdenes.

$$\text{Retraso promedio} = \frac{\sum \text{tiempo de flujo} - \text{fecha límite}}{\text{Número de ordenes}}$$

$$\text{Retraso promedio} = \frac{139.50}{6} = 23.25 \text{ días}$$

Método FMPT

Se basa en la columna de fecha límite de terminación y se ordena de menor a mayor de la siguiente forma (ver tabla LIII).

LIII. **Secuencia de órdenes según el método FMPT para el caso práctico**

4.5.3

SECUENCIA DE ORDENES	TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO DE LA ORDEN	FECHA LIMITE DE TERMINACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO - FECHA LIMITE
D	7,89	7,89	7,89	0,00
E	6,57	14,46	9,20	5,26
B	9,86	24,32	12,32	12,00
C	14,46	38,78	14,46	24,32
A	13,14	51,92	16,43	35,49
F	11,83	63,75	16,56	47,19
Sumatoria	63,75	201,12	--	124,26

Fuente: elaboración propia

Tiempo de terminación de la orden

Tiempo de terminación de la orden

$$= 13.14 + 9.86 + 14.46 + 7.89 + 6.57 + 11.83 = 63.75 \text{ días}$$

Tiempo promedio de terminación

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo de la orden}}{\textit{Número de ordenes en el sistema}}$$

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{201.12}{6} = 33.52 \text{ días}$$

Número promedio de órdenes en el sistema

$$\textit{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo}}{\sum \textit{Tiempo de terminación}}$$

$$\text{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{201.12}{63.75} = 3.15 \text{ órdenes/día}$$

Retraso promedio

Se toma el tiempo de flujo de la orden y se resta la fecha límite de terminación, siempre y cuando el tiempo de flujo sea mayor que el de la fecha límite, de lo contrario se pone "0", se suman y se dividen dentro de la cantidad de órdenes.

$$\text{Retraso promedio} = \frac{\sum \text{tiempo de flujo} - \text{fecha límite}}{\text{Número de ordenes}}$$

$$\text{Retraso promedio} = \frac{124.26}{6} = 20.71 \text{ días}$$

Método TPMCT

Se toma el tiempo de operación menos la fecha límite de terminación y luego en base a ese resultado, se ordena de menor a mayor, cuando hay dos valores iguales se toma en base al tiempo de operación. Entonces la tabla queda de la siguiente forma (ver tabla LIV).

Tabla LIV. **Secuencia de órdenes según el método TPMCT para el caso práctico 4.5.3**

SECUENCIA DE ORDENES	TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO DE LA ORDEN	FECHA LIMITE DE TERMINACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO - FECHA LIMITE	DIFERENCIA
F	11,83	11,83	16,56	0,00	-4,73
A	13,14	24,97	16,43	8,54	-3,29
E	6,57	31,54	9,20	22,34	-2,63
B	9,86	41,40	12,32	29,08	-2,46
D	7,89	49,29	7,89	41,40	0,00
C	14,46	63,75	14,46	49,29	0,00
Sumatoria	63,75	222,78	--	150,65	

Fuente: elaboración propia

Tiempo de terminación de la orden

Tiempo de terminación de la orden

$$= 13.14 + 9.86 + 14.46 + 7.89 + 6.57 + 11.83 = 63.75 \text{ días}$$

Tiempo promedio de terminación

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo de la orden}}{\textit{Número de ordenes en el sistema}}$$

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{222.78}{6} = 37.13 \text{ días}$$

Número promedio de órdenes en el sistema

$$\textit{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo}}{\sum \textit{Tiempo de terminación}}$$

$$\text{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{222.78}{63.75} = 3.49 \text{ órdenes/día}$$

Retraso promedio

Se toma el tiempo de flujo de la orden y se resta la fecha límite de terminación, siempre y cuando el tiempo de flujo sea mayor que el de la fecha límite, de lo contrario se pone "0", se suman y se dividen dentro de la cantidad de órdenes.

$$\text{Retraso promedio} = \frac{\sum \text{tiempo de flujo} - \text{fecha límite}}{\text{Número de ordenes}}$$

$$\text{Retraso promedio} = \frac{150.65}{6} = 25.11 \text{ días}$$

Método TPMB

En este método se ordenan de menor a mayor su tiempo de operación de la orden. El cuadro con la secuencia de operaciones queda de la siguiente manera (ver tabla LV).

Tabla LV. **Secuencia de órdenes según el método TPMB para el caso práctico 4.5.3**

SECUENCIA DE ORDENES	TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO DE LA ORDEN	FECHA LIMITE DE TERMINACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO - FECHA LIMITE
E	6,57	6,57	9,20	0,00
D	7,89	14,46	7,89	6,57
B	9,86	24,32	12,32	12,00
F	11,83	36,15	16,56	19,59
A	13,14	49,29	16,43	32,86
C	14,46	63,75	14,46	49,29
Sumatoria	63,75	194,54	--	120,31

Fuente: elaboración propia

Tiempo de terminación de la orden

Tiempo de terminación de la orden

$$= 13.14 + 9.86 + 14.46 + 7.89 + 6.57 + 11.83 = 63.75 \text{ días}$$

Tiempo promedio de terminación

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo de la orden}}{\textit{Número de ordenes en el sistema}}$$

$$\textit{Tiempo promedio de terminación} = \frac{194.54}{6} = 32.42 \text{ días}$$

Número promedio de órdenes en el sistema

$$\textit{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{\sum \textit{Tiempo de flujo}}{\sum \textit{Tiempo de terminación}}$$

$$\text{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{194.54}{63.75} = 3.05 \text{ órdenes/día}$$

Retraso promedio

Se toma el tiempo de flujo de la orden y se resta la fecha límite de terminación, siempre y cuando el tiempo de flujo sea mayor que el de la fecha límite, de lo contrario se pone "0", se suman y se dividen dentro de la cantidad de órdenes.

$$\text{Retraso promedio} = \frac{\sum \text{tiempo de flujo} - \text{fecha límite}}{\text{Número de ordenes}}$$

$$\text{Retraso promedio} = \frac{120.31}{6} = 20.05 \text{ días}$$

Método TPM

En este método ordenan de menor a mayor su tiempo de flujo-fecha límite. Se toma la fecha límite de terminación menos el tiempo de operación, y luego en base a ese resultado se ordena de menor a mayor, cuando hay 2 valores iguales se toma en base al tiempo de operación. El cuadro queda de la siguiente forma (ver tabla LVI).

Tabla LVI. **Secuencia de órdenes según el método TPM para el caso práctico 4.5.3**

SECUENCIA DE ORDENES	TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO DE LA ORDEN	FECHA LIMITE DE TERMINACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO DE FLUJO - FECHA LIMITE	DIFERENCIA (Fecha Límite - TO)
D	7,89	7,89	7,89	0,00	0,00
C	14,46	22,35	14,46	7,89	0,00
B	9,86	32,21	12,32	19,89	2,46
E	6,57	38,78	9,20	29,58	2,63
A	13,14	51,92	16,43	35,49	3,29
F	11,83	63,75	16,56	47,19	4,73
Sumatoria	63,75	216,90	--	140,04	

Fuente: elaboración propia

Tiempo de terminación de la orden

Tiempo de terminación de la orden

$$= 13.14 + 9.86 + 14.46 + 7.89 + 6.57 + 11.83 = 63.75 \text{ días}$$

Tiempo promedio de terminación

$$Tiempo \text{ promedio de terminación} = \frac{\sum \text{Tiempo de flujo de la orden}}{\text{Número de ordenes en el sistema}}$$

$$Tiempo \text{ promedio de terminación} = \frac{216.90}{6} = 36.15 \text{ días}$$

Número promedio de órdenes en el sistema

$$No. \text{ promedio de ordenes en el sistema} = \frac{\sum \text{Tiempo de flujo}}{\sum \text{Tiempo de terminación}}$$

$$\text{No. promedio de ordenes en el sistema} = \frac{216.90}{63.75} = 3.40 \text{ órdenes/día}$$

Retraso promedio

Se toma el tiempo de flujo de la orden y se resta la fecha límite de terminación, siempre y cuando el tiempo de flujo sea mayor que el de la fecha límite, de lo contrario se pone "0", se suman y se dividen dentro de la cantidad de órdenes.

$$\text{Retraso promedio} = \frac{\sum \text{tiempo de flujo} - \text{fecha limite}}{\text{Número de ordenes}}$$

$$\text{Retraso promedio} = \frac{140.04}{6} = 23.34 \text{ días}$$

b) Elaborando el cuadro de resumen

Tabla LVII. **Cuadro de resumen para las secuencias de órdenes según el caso práctico 4.5.3**

MÉTODO	TIEMPO DE TERMINACIÓN DE LA ORDEN	TIEMPO PROMEDIO DE TERMINACIÓN	No. PROMEDIO DE ORDENES EN EL SISTEMA	RETRASO PROMEDIO	SECUENCIA DE ORDENES
PEPS	63,73	39,10	3,68	26,84	A B C D E F
FMPT	63,75	33,52	3,15	20,71	D E B C A F
TPMCT	63,75	37,13	3,49	25,11	F A E B D C
UEPS	63,75	35,27	3,32	23,25	F E D C B A
TPMB	63,75	32,42	3,05	20,05	E D B F A C
TPM	63,75	36,15	3,40	23,34	D C B E A F
		213,59	20,09	139,30	

Fuente: elaboración propia

- ✓ Se terminaran todas las órdenes en: $63.75 \approx 64$ días;
- ✓ Tiempo promedio de terminación: se suman los tiempos promedio de terminación y se dividen dentro de la cantidad de métodos trabajados.

$$\text{Tiempo promedio de terminación} = \frac{213.59}{6} = 35.59 \text{ días}$$

En este caso el método aplicable sería el método UEPS ya que es el que más se acerca a este valor.

- ✓ Número promedio de órdenes en el sistema: se toma la de menor tiempo.

$$\text{No. promedio de órdenes en el sistema} = 3.05 \text{ órdenes}$$

El método que más se ajusta a este resultado es el método TPMB.

- ✓ Retraso promedio: se considera el retraso de todas las holguras.

$$\text{Retraso Promedio} = \frac{25 + 0 + 40}{3} = 21.67 \text{ días de retraso}$$

Se adapta en este caso el método FMPT.

c) Conclusiones

- Conclusión analítica: RETRASO PROMEDIO;
- Conclusión tradicional: el mejor método que podemos aplicar es TPMB ya que nos representa un tiempo menor de terminación de la orden incurriéndonos en un menor costo por retraso así como también un menor número de órdenes en el sistema, haciendo que éste no se encuentre saturado.

4.6 Práctica No. 6 Balance de líneas

4.6.1 Generalidades

El Balance es el problema central en el diseño de una línea de ensamble, por “balance” se entiende a la igualdad de producción de cada una de las sucesivas operaciones en la secuencia de una línea.

Para alcanzar el balance se necesita conocer los tiempos de operación que intervienen en los procesos de producción. El balance de línea incluye tiempo efectivo, eficiencia de línea y tiempos estándar.

El balance de líneas nos conduce a encontrar el número óptimo de operarios para una línea de producción. Por medio del balance de líneas pueden tomarse algunas de las siguientes decisiones:

- Reemplazar equipo o maquinaria;
- Trabajar a la velocidad del cuello de botella;
- Colocar otra máquina similar;

- Programar tiempo extra;
- Trabajar un segundo turno;
- Maquilar en otra empresa.

El objetivo del balance de línea es determinar cuántas estaciones de trabajo se necesitan para que un producto tenga un flujo de producción lo más continuo posible, de tal manera que se puedan cumplir con las metas de producción. Es importante recordar que una estación de trabajo la forma un operario o un grupo de operarios, una máquina o un grupo de máquinas, o la combinación de ambas.

Los métodos para balancear líneas son los siguientes:

- a) Cuando se quiere estandarizar un proceso donde existe una operación muy lenta, donde se origina un cuello de botella y se necesita que el proceso sea lo más continuo posible;
- b) Cuando se necesita producir un número de piezas en un tiempo determinado, sobre la base de un pedido de producción.

4.6.2 Conceptos básicos empleados en el balance de líneas

Para el balance de líneas se manejan algunos de los siguientes conceptos:

- Cuello de botella: es un atraso en un proceso de producción. Esto ocurre cuando la operación o estación de trabajo es más lenta y por lo cual detiene las siguientes.

- Tasa de producción: es lo que se espera cumplir o la demanda que se desea.
- Ritmo de línea (o de producción): es la producción real que se obtendrá en un tiempo determinado.
- Jornada de trabajo: se refiere al tiempo expresado en minutos, ya sea en la jornada diurna (8 horas diarias), mixta (7 horas diarias), nocturna (6 horas diarias) o diurna especial (promedio de 8.8 horas diarias).
- Tiempo efectivo de trabajo: es el tiempo de la jornada (en minutos) luego de descontar los tiempos de almuerzo, refacción y preparación.
- Operaciones por jornada: es el número de operaciones que puede realizar una estación de trabajo en una jornada efectiva.

4.6.3 Caso Práctico

La empresa “MODAS, S.A.” se dedica a la fabricación de botas casuales para caballero, dicha empresa requiere que se realice un estudio de balance de líneas considerando la siguiente información:

Un operario transporta la piel a troquelado (4 mts., 1 min.), luego se troquela (0.06 min.), seguidamente se cuentan y recolectan las piezas (0.42 min.), se desgastan las piezas (0.04 min.), se marcan las piezas para el armado (0.33 min.). Otro operario corta y pega la lengüeta (0.28 min.), después se cose la lengüeta (0.21 min.), seguidamente una forro de pieza (0.47 min.), se perforan las piezas (0.30 min.), se emplantilla (0.30 min.), luego las piezas son enviadas a premoldeado (3 mts., 0.75 min). Otro operario premoldea las piezas

(0.23 min.), luego se une la horma con el zapato (0.45 min.), se montan los lados (0.43 min.), luego se montan los talones (0.24 min.), se desgastan lados (0.18 min.), y después se empastan (0.20 min.). Otro operario transporta los zapatos a los activadores (3 mts. , 0.13 min.), se activa el pegamento por medio del calor del activador (0.12 min.), se pega la suela (0.45 min.) y se quitan los residuos (0.31 min.). Otro operario quita la horma e inspecciona las botas (0.18 min.), se cose la suela (0.25 min.), se le ponen las cintas a las botas (0.58 min.), se limpian y etiquetan las botas (0.35 min.), por último se empacan y supervisan (0.40 min.). Los tiempos anteriores son por unidad.

Se tiene una demanda de 5000 pares al mes. La jornada de trabajo será diurna ordinaria y se trabajarán 2 horas extras al día de lunes a viernes con descanso de una hora de lunes a viernes.

Solución

Primero se elabora una tabla que contenga las estaciones y los tiempos estándar de cada estación (ver tabla LVIII).

Tabla LVIII. Estaciones y tiempos estándar para la elaboración de botas casuales, caso práctico 4.6.3

Estación	T. Est. (min) Unidad	T. Est. (min) Par	T. Est. Permitido	Constante	No. De Operarios		Operación Más lenta
					Teórico	Real	
1	1,85	3,7	4,62	0,567	2,09	2	1,85
2	2,31	4,62	4,62	0,567	2,62	3	1,54
3	1,73	3,46	4,62	0,567	1,96	2	1,73
4	1,01	2,02	4,62	0,567	1,14	1	2,02
5	1,76	3,52	4,62	0,567	1,99	2	1,76
Totales	8,66	17,32	23,1	0,567	9,8	10	

Fuente: elaboración propia

a) Se calcula la eficiencia de la siguiente forma:

$$E = \frac{\sum T. Est.}{\sum T. Est. Permitido} * 100$$

$$E = \frac{17.32}{23.10} * 100 = 74.98 \%$$

Decimos entonces que la línea tiene una eficiencia del 74.98 %

b) Se procede a calcular el tiempo disponible para un mes, como el problema no nos especifica que mes vamos a laborar tomamos como base un mes comercial:

$$\text{Lunes a Viernes} = \frac{9 \text{ horas}}{1 \text{ día}} * \frac{5 \text{ días}}{1 \text{ semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}} = 180 \text{ horas}$$

$$\text{Sábado} = 4 \text{ horas} * 4 = 16 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 180 + 16 = 196 \text{ horas}$$

c) Luego se calcula la tasa de producción:

$$R = \frac{\text{Demanda}}{\text{T. disponible} * 60}$$

$$R = \frac{5000}{196 * 60} = 0.42517 \text{ pares/minuto}$$

La constante “60” que utilizamos en el denominador de la ecuación nos sirve para transformar las horas disponibles en minutos y obtener el valor de R en pares por minuto, si el tiempo estándar estuviera en segundos, utilizaríamos el valor de 3,600 para el mismo efecto

d) Se procede a calcular el número total de operarios que la línea de producción requiere:

$$\# \text{ Total de operarios} = \frac{R * \sum T. \text{Estandar}}{E}$$

$$\# \text{ Total de operarios} = \frac{0.42517 * 17.32}{0.7498} = 9.8 \approx 10 \text{ operarios}$$

e) Se calcula la constante de la siguiente forma:

$$\text{Constante} = \frac{\text{Demanda}}{\text{T. Disponible} * 60 * E}$$

$$\text{Constante} = \frac{5000}{196 * 60 * 0.7498} = 0.567$$

Este valor nos permitirá calcular el número de operarios que necesitamos en cada estación, debemos colocar este valor en la columna de “Constante”, luego se multiplica este valor por el tiempo estándar de cada estación el cual nos permitirá conocer el número de operarios por estación

f) Por último se procede a calcular el Ritmo de la Línea como sigue:

$$\text{Ritmo de la Línea} = \frac{\# \text{ Operarios estación mas lenta} * 60}{\text{Tiempo estándar de la operación mas lenta}}$$

$$\text{Ritmo de la Línea} = \frac{1 * 60}{2.02} = 29.70 \text{ pares/hora}$$

El valor de “60” que se tiene en el numerador cumple la misma función que en la fórmula para el cálculo de la tasa de producción “R”

Ahora que tenemos el ritmo de la línea por hora, procedemos a calcular si es posible satisfacer la demanda con el tiempo disponible de la siguiente manera:

$$\text{Producción} = 196 \text{ horas} * 29.70 \text{ pares/hora}$$

$$\text{Producción} = 5822 \text{ pares}$$

Entonces, podemos concluir que, la línea de producción con una eficiencia del 74.98%, con un total de 10 operarios y un ritmo de línea de 29.7

pares/hora, es capaz de cumplir la demanda de 5,000 pares de botas en un tiempo de 196 horas efectivas.

4.7 Práctica No. 7 Valor del diseño

4.7.1 Aspectos generales

No deben confundirse los términos de análisis del valor e ingeniería del valor con el valor del diseño. Los primeros dos se refieren al estudio minucioso y exhaustivo de las características que proporcionan valor a un producto, ya sea de los nuestros o de la competencia, con el objetivo de eliminar las características redundantes, poco funcionales o de fusionar dos o más características del producto sin que pierda su funcionalidad para lo que fue elaborado.

El análisis de valor del diseño, es un procedimiento basado en la optimización de una línea de producción. Luego de balanceada una línea, y analizarla por el medio de beneficios y costos totales, la diferencia entre estos debe ser positiva para que la opción de todos los elementos y factores en dicha línea sea aceptable. De lo contrario implica pérdidas y no beneficios. Uno de los dos factores más importantes en la producción en línea es la capacidad del proceso, lo que produce realmente y la producción que se espera o que se nos demanda.

El valor del diseño puede ajustarse a una mejor optimización, analizando los factores de producción como lo son, la mano de obra, los sueldos y salarios, la maquinaria y equipo, las jornadas de trabajo, etc. Entonces, esto da margen a que el análisis del valor del diseño se convierta en

una herramienta de toma de decisiones para la fijación del funcionamiento de una línea o de varias líneas de producción.

4.7.2 Caso práctico

La pastelería “San José” planea dedicarse a la fabricación de pasteles para su distribución masiva, desconociendo el rendimiento que dicho proyecto genera y le presentara para el efecto el proceso contemplado, por estaciones y tiempos de trabajo estándar (ver tabla LIX).

Tabla LIX. **Estaciones y tiempos estándar para la elaboración de pasteles, caso práctico 4.7.2**

Estación	Tiempo (min.)
1	9.7
2	10.8
3	10.1
4	5.8
5	5.38
Total	41.78

Fuente: elaboración propia

- a) Determinar la cantidad de operarios que se requiere en el proceso, para satisfacer una demanda de 3,800 cajas de pasteles, las cuales contienen 6 pastelitos individuales cada una;
- b) Para la jornada de trabajo considerar: jornada diurna de lunes a sábado, tiempo extraordinario de 3 horas de lunes a viernes, disponer de 1 hora diaria para almuerzo, refacciones e imprevistos, el sábado la jornada será de corrido;
- c) El salario estará distribuido de la siguiente forma (ver Tabla LX);

Tabla LX. **Salario por hora para las estaciones del caso práctico 4.7.2**

Estación	Salario/Hora
1	Q. 5.40
2	Q. 6.25
3	Q. 5.80
4	Q. 5.00
5	Q. 5.00

Fuente: elaboración propia

- d) Por cada pastelito producido se le paga a los trabajadores un incentivo de Q. 0.50;
- e) Considerar que cada caja de pasteles se vende a Q. 68.00;
- f) Dentro del personal se cuenta con una secretaria y un contador que devengan Q. 1,500.00/mes cada uno, adicionalmente se cuentan con 2 vendedores que devengan base de Q. 1,000.00 y una comisión por caja de pasteles vendidos del 11%, considerando adicionalmente que se vende lo determinado en el ritmo de la línea;
- g) El costo del diseño incluye la compra de material Q. 2,500.00, dibujantes Q. 2,700.00, transporte Q. 3,100.00. Se espera que la utilidad sea del 30% en consecuencia la empresa "Pastelería San José" amortizara el valor total del diseño en 2 meses de producción;
- h) Se considera un costo fijo de Q. 4,000.00/mes;
- i) El monto que se requiere para la compra de equipo es de Q. 90,000.00 y se obtendrá un préstamo pagadero en 10 años al 20% anual, lo que se amortizara con la producción del año;
- j) Dentro de otros gastos mensuales se tienen: alquiler Q. 6,000.00, servicios Q. 7,200.00, valor contable del mobiliario Q. 8,245.60, valor contable del

equipo de computación Q. 19,000.00, publicidad Q. 4,800.00 y papelería y útiles Q. 1,500.00;

k) El costo de materiales es de Q. 2.60 por pastelito individual:

Se pide:

- Determinar por medio del valor del diseño que opción resulta más favorable y por qué.

Solución

Paso 1: cálculo del balance de línea

Se procede primeramente a calcular el balance de línea para obtener los datos básicos que nos servirán de punto de partida para elaborar el valor del diseño (ver tabla LXI).

Tabla LXI. **Tiempos estándar y número de operarios para el balance de líneas del caso práctico 4.7.2**

Operación	T.E.	T.E.P	Constante	# Operarios	Operarios	Op. Más lento
1	9,7	10,8	2,08111902	20,1868545	20	0,4850
2	10,8	10,8	2,08111902	22,4760854	23	0,4696
3	10,1	10,8	2,08111902	21,0193021	21	0,4810
4	5,8	10,8	2,08111902	12,0704903	12	0,4833
5	5,38	10,8	2,08111902	11,1964203	11	0,4891
Totales	41,78	54		86,9491526	87	

Fuente: elaboración propia

Se calcula la eficiencia de la siguiente forma:

$$E = \frac{\sum T. Est.}{\sum T. Est. Permitido} * 100$$

$$E = \frac{41.78}{54} * 100 = 77.37 \%$$

Se procede a calcular el tiempo disponible para un mes

Lunes – Viernes

= 8 horas ordinarias + 3 horas extra

– 1 hora sin producir = $10 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 22 \text{ días}$

Sábado = $4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 4 \text{ días}$

Tiempo Efectivo = Total horas al mes = 236 horas

Seguidamente se procede a calcular la constante:

Demanda = 3800 cajas

1 caja = 6 pastelitos

$$\text{Constante} = \frac{\text{Demanda}}{T. Disponible * 60 * E}$$

$$\text{Constante} = \frac{3800 * 6}{236 * 60 * 0.7737} = 2.08111902$$

Se calcula el número total de operarios.

$$\# \text{ Total de operarios} = \frac{R * \sum T. Estandar}{E}$$

$$\# \text{ Total de operarios} = \frac{2.08111902 * 41.78}{0.7737} = 86.9491 \approx 87 \text{ operarios}$$

Se calcula el operario más lento

$$OML = \frac{T. E. Operacion}{\#Operarios en la estación}$$

$$OML = \frac{9.7}{20} = 0.485$$

Luego se calcula el ritmo de la línea por hora:

$$\text{Ritmo de la Línea} = \frac{\# \text{ Operarios estación mas lenta} * 60}{\text{Tiempo estándar de la operación mas lenta}}$$

$$\text{Ritmo de la Línea} = \frac{11 * 60}{5.38} = 122.6765 \text{ pastelitos/hora}$$

Ahora que tenemos el ritmo de la línea por hora, procedemos a calcular si es posible satisfacer la demanda con el tiempo disponible:

$$\begin{aligned} \text{Producción} &= 236 \text{ horas} * 122.68 \frac{\text{pastelitos}}{\text{hora}} = 28951.67 \text{ pastelitos} \\ &\approx 28952 \text{ pastelitos} \end{aligned}$$

$$\text{Producción} = \frac{28951.67}{6} = 4825 \text{ cajas al mes}$$

Por lo que vemos se logra satisfacer la demanda de las 3800 cajas al mes.

Paso 2: cálculo de la mano de obra directa

Ya teniendo los datos obtenidos del balance de línea, proseguimos con el cálculo de la mano de obra, el cual consiste en encontrar el costo que nos sugiere cada estación de trabajo; debemos calcular el costo de la mano de obra, tanto para la producción real como para la producción deseada.

Producción real

Se debe calcular primeramente el incentivo que se va a pagar a los operarios por la elaboración de los pastelitos, para ello vamos a tomar el dato obtenido por el balance de línea que corresponde a los 4,825 pastelitos que representa la producción real, como el problema nos indica que se dará un incentivo de Q0.50 por cada pastelito producido, por lo tanto tenemos (ver tabla LXII).

Tabla LXII. **Pago del incentivo por operario en base a la producción real, caso práctico 4.7.2**

Cajas	Pastelitos	Incentivo	Total	# de operarios	Total/Operarios
4825	28952	Q0,50	Q14.476,00	87	Q166,39

Fuente: elaboración propia

Ya teniendo lo anterior, proseguimos con el cálculo de la mano de obra, para lo cual seguiremos las siguientes fórmulas:

$$\text{Pago por Día} = \frac{\text{Salario}}{\text{hora}} * \frac{\text{Horas}}{\text{dia}}$$

$$\text{Pago por Mes} = \text{Pago por Día} * \text{Días por mes}$$

Para encontrar el salario por hora para las horas extra lo haremos mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Horas extra} = \frac{\# \text{días h. e.} * \# \frac{\text{horas}}{\text{día}} * (\text{sueldo} * 1.5)}{7 \text{ días}}$$

Para cada uno se toman tanto las horas ordinarias como las extraordinarias, calculando cada una por aparte para cada estación de trabajo.

Tabla LXIII. Cálculo de la mano de obra directa para la operación 1 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2

Operación 1	Días c/ext.	hrs/ día	salario/ hora	pago/día	días/ mes	pago/mes	total/mes/ op	op/ est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q5,40	Q43,20	30	Q1.296,00			
Tiempo extra	5	3	Q8,10	Q17,36	30	Q520,71			
Incentivo						Q166,39	Q1.983,11	20	Q39.662,10

Fuente: elaboración propia

Tabla LXIV. Cálculo de la mano de obra directa para la operación 2 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2

Operación 2	Días c/ext.	hrs/ día	salario/ hora	pago/día	días/ mes	pago/mes	total/mes/ op	op/ est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q6,25	Q50,00	30	Q1.500,00			
Tiempo extra	5	3	Q9,38	Q20,09	30	Q602,68			
Incentivo						Q166,39	Q2.269,07	23	Q52.188,60

Fuente: elaboración propia

Tabla LXV. Cálculo de la mano de obra directa para la operación 3 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2

Operación 3	Días c/ext.	hrs/ día	salario/ hora	pago/día	días/ mes	pago/mes	total/mes/ op	op/ est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q5,80	Q46,40	30	Q1.392,00			
Tiempo extra	5	3	Q8,70	Q18,64	30	Q559,29			
Incentivo						Q166,39	Q2.117,68	21	Q44.471,21

Fuente: elaboración propia

Tabla LXVI. Cálculo de la mano de obra directa para la operación 4 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2

Operación 4	Días c/ext.	hrs/ día	salario/ hora	pago/día	días/ mes	pago/mes	total/mes/ op	op/ est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q5,00	Q40,00	30	Q1.200,00			
Tiempo extra	5	3	Q7,50	Q16,07	30	Q482,14			
Incentivo						Q166,39	Q1.848,53	12	Q22.182,40

Fuente: elaboración propia

Tabla LXVII. Cálculo de la mano de obra directa para la operación 5 en base a la producción real, caso práctico 4.7.2

Operación 5	Días c/ext.	hrs/ día	salario/ hora	pago/día	días/ mes	pago/mes	total/mes/ op	op/ est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q5,00	Q40,00	30	Q1.200,00			
Tiempo extra	5	3	Q7,50	Q16,07	30	Q482,14			
Incentivo						Q166,39	Q1.848,53	11	Q20.333,87

Fuente: elaboración propia

Ya teniendo resumido en tablas el costo que se incurre en cada estación de trabajo, se prosigue a calcular el costo total de la mano de obra para la producción real de la siguiente forma:

$$Total M.O.D. = 39,662.10 + 52,188.60 + 44,471.21 + 22,333.87 + 20,333.87$$

$$Total M.O.D. = Q178,989.65$$

Producción deseada

Ahora calculamos para la producción real (3,800 cajas) que nos representan 22,800 pastelitos, el procedimiento que se sigue es el mismo que el anterior, solo que en este caso lo que nos va a variar es el pago por el incentivo debido a la cantidad de pastelitos.

Tabla LXVIII. Pago del incentivo por operario en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2

Cajas	Pastelitos	Incentivo	Total	# de operarios	Total/Operarios
3800	22800	Q0,50	Q11.400,00	87	Q131,03

Fuente: elaboración propia

LXIX. Cálculo de la mano de obra directa para la estación1 en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2

Operación 1	Días c/ext.	hrs/ día	salario/ hora	pago/día	días/ mes	pago/mes	total/mes/ op	op/ est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q5,40	Q43,20	30	Q1.296,00			
Tiempo extra	5	3	Q8,10	Q17,36	30	Q520,71			
Incentivo						Q131,03	Q1.974,75	20	Q38.954,98

Fuente: elaboración propia

LXX. Cálculo de la mano de obra directa para la estación 2 en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2

Operación 2	Días c/ext.	hrs/ día	salario/ hora	pago/día	días/ mes	pago/mes	total/mes/ op	op/ est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q6,25	Q50,00	30	Q1.500,00			
Tiempo extra	5	3	Q9,38	Q20,09	30	Q602,68			
Incentivo						Q131,03	Q2.233,71	23	Q51.375,40

Fuente: elaboración propia

Tabla LXXI. Cálculo de la mano de obra directa para la estación 3 en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2

Operación 3	Días c/ext.	hrs/ día	salario/ hora	pago/día	días/ mes	pago/mes	total/mes/ op	op/ est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q5,80	Q46,40	30	Q1.392,00			
Tiempo extra	5	3	Q8,70	Q18,64	30	Q559,29			
Incentivo						Q131,03	Q2.082,32	21	Q43.728,72

Fuente: elaboración propia

Tabla LXXII. Cálculo de la mano de obra directa para la estación 4 en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2

Operación 4	Días c/ext.	hrs/ día	salario/ hora	pago/día	días/ mes	pago/mes	total/mes/ op	op/ est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q5,00	Q40,00	30	Q1.200,00			
Tiempo extra	5	3	Q7,50	Q16,07	30	Q482,14			
Incentivo						Q131,03	Q1.813,18	12	Q21.758,13

Fuente: elaboración propia

Tabla LXXIII. **Cálculo de la mano de obra directa para la estación 5 en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2**

Operación 5	Días c/ext.	hrs/día	salario/hora	pago/día	días/mes	pago/mes	total/mes/op	op/est	total est/mes
Tiempo ordinario		8	Q5,00	Q40,00	30	Q1.200,00			
Tiempo extra	5	3	Q7,50	Q16,07	30	Q482,14			
Incentivo						Q131,03	Q1.813,18	11	Q19.944,95

Fuente: elaboración propia

El total de la mano de obra directa de la producción deseada queda así:

$$Total M.O.D. = 38,954.98 + 51,375.40 + 43,728.72 + 21,758.13 + 19,944.95$$

$$Total M.O.D. = Q175,762.18$$

Paso 3: cálculo de la mano de obra indirecta

Para ello necesitamos calcular los salarios de los vendedores, secretaria y contador de la siguiente manera (ver tablas LXXIV y LXXV).

Tabla LXXIV. **Cálculo de la mano de obra indirecta en base a la producción real, caso práctico 4.7.2**

Empleado	Cajas	Precio /caja	Total de ventas	11% de comisión	Comisión/ vendedores	Cantidad	Base	Sueldo	Total MOI
Secretaria						1		Q1.500,00	
Contador						1		Q1.500,00	
Vendedores	4825	Q68,00	Q328.100,00	Q36.091,00	Q18.045,50	2	Q1.000,00	Q38.091,00	Q41.091,00

Fuente: elaboración propia

Tabla LXXV. **Cálculo de la mano de obra indirecta en base a la producción deseada, caso práctico 4.7.2**

Empleado	Cajas	Precio /caja	Total de ventas	11% de comisión	Comisión/ vendedores	Cantidad	Base	Sueldo	Total MOI
Secretaria						1		Q1.500,00	
Contador						1		Q1.500,00	
Vendedores	3800	Q68,00	Q258.400,00	Q28.424,00	Q14.212,00	2	Q1.000,00	Q30.4241,00	Q33.424,00

Fuente: elaboración propia

Lo único que distingue a cada tabla es el número de cajas ya que este hará variar la comisión sobre cada vendedor.

Paso 4: costo del diseño

Para ello debemos tomar en cuenta el costo que se incurre en materiales, dibujantes y transporte, los cuales son datos que nos proporciona el problema; entonces, el costo del diseño nos queda de la siguiente manera:

Materiales	Q2,500.00
Dibujantes	Q2,700.00
Transporte	<u>Q3,100.00</u>
	Q8,300.00
10% transporte	<u>Q830.00</u>
	Q9,130.00
15% imprevistos	<u>Q1,369.50</u>
	Q10,499.50
30% ganancia	<u>Q3,149.85</u>
Total	Q13,649.35

Debemos tomar en cuenta que adicionalmente se incluyen ciertas holguras para calcular el costo del diseño, generalmente se toma un 10% para el transporte, 15% para imprevistos y cierto porcentaje de ganancia, en este caso el problema nos indica que se quiere obtener un 30% de ganancia.

Paso 5: costos de administración

Para calcular estos costos se toma como base el préstamo que se hizo para la compra de equipo, el cual asciende a Q.90, 000.00, el cual será pagadero a 10 años al 20% anual. Entonces, para amortizar dicho préstamo debemos calcular la mensualidad con la cual lo haremos, por lo tanto tenemos:

Préstamo: Q.90, 000.00
 Tiempo: 10 años 120 meses
 Interés: 20% anual 1.67% mensual

Usando la fórmula de anualidad dado un presente, tenemos:

$$90,000 * \left[\frac{0.0167 * (1.0167)^{120}}{(1.0167)^{120} - 1} \right] = 1,741.69$$

Otros Gastos

Alquileres	Q 6.000,00
Servicios	Q 7.200,00
Mobiliario	Q 137,43
Equipo de Computación	Q 527,78
Publicidad	Q 4.800,00
Papelería y Utilices	Q 1.500,00
	<hr/>
	Q20.165,21
Préstamo	Q 1.741,69
	<hr/>
Total	Q21.906,90

Paso 6: cálculo del punto de equilibrio

Para calcular el punto de equilibrio tenemos la siguiente fórmula:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costos Fijos}}{\text{Precio de Venta} - \text{Costos variables unitarios}}$$

Pero primero necesitamos conocer los costos variables unitarios tanto para la producción real como para la deseada; por lo tanto calculamos de la siguiente manera:

Mano de obra indirecta y administración

	Producción Real		Producción Deseada	
Administración	Q	21.906,90	Q	21.906,90
MOI	Q	41.091,00	Q	33.424,00
Mensual	Q	62.997,90	Q	55.330,90
Diario (/30)	Q	2.099,93	Q	1.844,36

Tenemos como dato que el precio de venta de cada caja de pastelitos es de Q.68.00, se sabe también que el costo de materiales es de Q2.60 por pastelito individual y la caja contiene 6 unidades, entonces:

Costos variables unitarios

Tabla LXXVI. **Costos variables unitarios para la fabricación de pastelitos, caso práctico 4.7.2**

Producción	MOD	MOD/Cajas	Materiales	Total
Real	Q. 178,989.65	Q. 37.09	Q. 15.60	Q. 52.69
Deseada	Q. 175,762.18	Q. 46.25	Q. 15.60	Q. 61.85

Fuente: elaboración propia

Se sabe también que se incurre en un costo mensual de Q. 4,000.00. El problema nos indica que se tiene una jornada diurna normal laborando para el presente mes de lunes a viernes 22 días y 4 sábados de 4 horas cada uno, por lo tanto tenemos un total de 24 días. Con la información anterior proseguimos a calcular el punto de equilibrio para las producciones real y deseada como sigue:

$$\text{Costos fijos mensuales} = \frac{\text{Q. 4,000.00}}{30} = \text{Q. 133.33}$$

Se divide dentro de 30 días tomando como base los días de un mes comercial.

Punto de equilibrio real

$$P.E. Real = \frac{2,099.93 + 133.33}{68 - 52.69} = 145.87 \frac{\text{cajas}}{\text{día}} * 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 3,501 \frac{\text{cajas}}{\text{mes}}$$

Punto de equilibrio deseado

$$P.E. Real = \frac{1,844.36 + 133.33}{68 - 61.85} = 321.58 \frac{\text{cajas}}{\text{día}} * 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 7,718 \text{ cajas/mes}$$

Paso 7: análisis final

Adicionalmente necesitamos conocer los costos por unidad que incurrimos por elaborar cada pastelito, así como el cargo por unidad al diseño, beneficio total e individual, deducción del impuesto, utilidad y valor presente neto, todo ello para llegar a tomar una decisión. Proseguimos de la siguiente manera:

Cargo por unidad: herramienta y equipo

Primero necesitamos pasar el préstamo de Q.90, 000.00 a una unidad mensual así:

$$\frac{90,000.00}{12} = 7,500.00$$

Ya teniendo este dato continuamos con el cálculo del cargo por unidad para la producción y los puntos de equilibrio real y deseado. Se hace la división dentro de 12 para obtener un costo mensual.

$$\text{Producción real} = \frac{7500}{4825} = \text{Q } 1.55$$

$$\text{Producción deseada} = \frac{7500}{3800} = \text{Q } 1.97$$

$$\text{Punto de equilibrio real} = \frac{7500}{3501} = \text{Q } 2.14$$

$$\text{Punto de equilibrio deseada} = \frac{7500}{7718} = \text{Q } 0.97$$

Cargo por unidad del diseño

Se refiere a dividir el costo del diseño dentro de las unidades respectivas multiplicado por los meses en los que se va a amortizar el préstamo (en este caso dentro de 2 meses), quedando de la siguiente manera:

$$\text{Producción real} = \frac{\text{Q } 13.649,35}{4825 * 2} = \text{Q } 1.41$$

$$\text{Producción deseada} = \frac{\text{Q } 13.649,35}{3800 * 2} = \text{Q } 1.80$$

$$\text{Punto de equilibrio real} = \frac{\text{Q } 13.649,35}{3495 * 2} = \text{Q } 1.95$$

$$\text{Punto de equilibrio deseada} = \frac{\text{Q } 13.649,35}{7722 * 2} = \text{Q } 0.88$$

Costo por cada caja de pastelitos

Este se obtiene sumando la mano de obra directa + mano de obra indirecta + administración + cargo por unidad herramienta + cargo por unidad al diseño + costo de materiales.

Producción real

$$\frac{178,989.65}{4825} + \frac{41,091}{4825} + \frac{21,906.90}{4825} + 1.55 + 1.41 + 15.60 = \text{Q. } 67.27$$

Producción deseada

$$\frac{175,762.18}{3800} + \frac{33,424}{3800} + \frac{21,906.90}{3800} + 1.97 + 1.80 + 15.60 = Q. 80.18$$

Punto de equilibrio real

$$\frac{178,989.65}{3501} + \frac{41,091}{3501} + \frac{21,906.90}{3501} + 2.14 + 1.95 + 15.60 = Q. 88.80$$

Punto de equilibrio deseado

$$\frac{175,762.18}{7718} + \frac{33,424}{7718} + \frac{21,906.90}{7718} + 0.97 + 0.88 + 15.60 = Q. 47.39$$

Dividimos cada costo dentro de las unidades respectivas con el fin de obtener el costo por unidad (cajas de pastelitos).

Beneficio por cada caja de pastelitos

Se refiere a restar costo al precio de venta de cada caja, quedando de la siguiente manera:

Producción real	Q	68,00	-	Q	68,71	=	Q	(0,71)
Producción deseada	Q	68,00	-	Q	80,18	=	Q	(12,18)
Punto de equilibrio real	Q	68,00	-	Q	88,80	=	Q	(20,80)
Punto de equilibrio deseado	Q	68,00	-	Q	47,39	=	Q	20,61

Beneficio total

Este consiste en multiplicar la en beneficio obtenido por las unidades a vender.

Producción real	Q	(0,71)	*	4825	=	No aplica
Producción deseada	Q	(12,18)	*	3800	=	No aplica
Punto de equilibrio real	Q	(20,80)	*	3495	=	No aplica
Punto de equilibrio deseado	Q	20,61	*	7718	=	Q 159,067.98

Valor del diseño

Al beneficio total le vamos a restar el valor del préstamo y el costo del diseño, quedando así:

Producción real						No aplica
Producción deseada						No aplica
P.E. real						No aplica
P.E. deseada	Q 159,067.98	-	Q 90.000,00	-	Q 13.649,35	= Q 55,418.63

Impuestos

Vamos a calcularle el impuesto al valor del diseño, en este caso se está trabajando con el régimen del 30%.

Producción real	No aplica porque hay pérdida	
Producción Deseada	No aplica porque hay pérdida	
P.E. real	No aplica porque hay pérdida	
P.E. deseada	Q 55,418.63	* 30% = Q 16,625.59

Utilidad

Ahora vamos a restarle al valor del diseño el total de impuestos quedando así:

$$\text{P.E. Deseada} \quad \text{Q } 55,418.63 \quad - \quad \text{Q } 16,625.59 \quad = \quad \text{Q } \mathbf{38,793.04}$$

Valor Presente Neto

El Valor Presente neto se obtiene de la siguiente manera:

$$VP = Utilidad * Factor uspwf - Valor del Diseño$$

Primero vamos a calcular el valor del factor uspwf así:

Interés: 20% anual

Tiempo: 10 años

$$Factor\ uspwf = \frac{(1.20)^{10} - 1}{0.20 * (1.20)^{10}} = 4.192447209$$

Entonces tenemos:

$$VP = 38,793.04 * 4.192447209 - 55,418.63 = \text{Q. } 107,219.14$$

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo al análisis realizado, pudimos darnos cuenta que obtuvimos pérdida tanto con las unidades de la producción real como con la deseada y las unidades del punto de equilibrio real, únicamente obtuvimos beneficio con las unidades del punto de equilibrio deseado, es obvio que el precio de venta no genera los ingresos necesarios para cubrir los costos del diseño, mano de obra, entre otros; por lo tanto, se recomienda que la empresa modifique su precio de venta así como también realice un análisis para considerar a otros proveedores para el material de empaque ya que puede obtenerse a un costo mucho menor.

4.8 Práctica No. 8 Ingeniería de empaque

4.8.1 Aspectos fundamentales

Los envases sean tal vez los objetos más ordinarios, comunes y necesarios que se hayan inventado, a tal grado que de alguna forma representan una ideología o forma de vida de una sociedad en un período histórico determinado. Desde su forma más simple hasta el diseño más complejo, el envase cumple su propósito para el cual fue creado: contener, proteger, informar, en resumidas cuentas, vestir al producto; y finalmente, el embalaje coadyuva al movimiento de éste durante el largo camino que recorre para llegar, a fin de cuentas, al consumidor.

Comercialmente adquiere cada vez más importancia; ha dejado de servir como simple contenedor y protector de mercancía, llegando a adquirir connotaciones simbólicas. Es crucial en la compra, ya que es lo primero que ve el consumidor antes de tomar la decisión final. Por ello, ha sido llamado el

vendedor silencioso pues nos comunica las cualidades y beneficios que vamos a obtener al consumir determinado producto.

4.8.2 Conceptos Clave

- Envase: objeto manufacturado que contiene, protege y presenta una mercancía para su comercialización, diseñado de modo que tenga el óptimo costo compatible con los requerimientos de protección del producto y del medio ambiente. Se clasifican en:
 - Envase primario: está en contacto directo con el producto;
 - Envase secundario: envase que contiene uno o varios envases primarios;
 - Envase terciario: es el que sirve para distribuir, unificar y proteger el producto a lo largo de la cadena comercial.

- Embalaje (empaque): objeto manufacturado que protege, de manera unitaria o colectiva, bienes o mercancías para su distribución física a lo largo de la cadena logística, es decir, durante las rudas operaciones de manejo, carga, transporte, descarga, almacenamiento, estiba y posible exhibición. Sus dimensiones llegan a sobrepasar la capacidad ergonómica del ser humano.

A continuación presentaremos un ejemplo empleando los 3 tipos de envases según la clasificación anterior (ver tabla LXXVII).

Tabla LXXVII. **Clasificación de los tipos de envase**

Tipo Envase	Descripción
Envase primario	Botella de perfume
Envase secundario	Caja de cartón que contiene la botella de perfume
Envase terciario	Caja de cartón que contiene varias botellas de perfume
Embalaje	Pallets

Fuente: elaboración propia

4.8.3 Áreas funcionales de un envase

Las condiciones de los envases y embalajes son atendidas por diversas áreas, a fin de satisfacer las siguientes funciones:

- **Área física o material:** su función principal es la de proteger la integridad del contenido (resistir a compresión, caídas, humedades, temperaturas, etc., según el producto); conservar al producto en el tiempo; defender al producto contra el mundo exterior y viceversa. Proveer aislamiento térmico y biológico.
- **Área económica:** consiste en considerar los factores de los materiales; costos de transporte y de manipulación; almacenaje, volumen y peso; retornabilidad, reutilización.
- **Área mercadológica:** puede decirse que es marketing puro, diferenciación; adecuación al mercado; extensión de la marca; valor agregado al producto;

promocionar al producto en el punto de venta y si es posible durante su transporte.

- Área ergonómica: se refiere a que el empaque debe ofrecer un manejo fácil, seguro y eficaz para cualquier tipo de consumidor.
- Área comunicacional: se refiere al Impacto visual; adecuación de imagen al producto como vehículo de identidad corporativa, también a la Información legal, Informar al usuario sobre atributos del producto y datos tales como: precio, cantidad contenida, fecha de caducidad y en su defecto utilizar un código de barras que contenga información útil para toda la cadena comercial en sus distintos procesos; en sí, proporcionar información acerca del cumplimiento de la legislación en materia de medio ambiente del país al que se destina el producto.

Los embalajes deben además contar con los siguientes requisitos:

- ✓ Debe ser marcable, señalizable o rotulable para poder identificarlo, cuantificarlo y localizarlo;
- ✓ Cumplir con las condiciones y requisitos que establecen la legislación medioambiental y sanitaria del país de origen y país destino;
- ✓ Ser lo más ligero posible y a su vez, poder soportar la carga requerida;
- ✓ De preferencia debe ser reutilizable, reciclable y, en un caso extremo, incinerable para cumplir las normas de envase y embalaje residuales y de medio ambiente que rigen en el país destino;
- ✓ Conformar una unidad que evite el choque entre sí de la mercancía que contiene.

4.8.4 El color del envase y sus aspectos psicológicos

El color distingue, identifica y designa; genera sentimientos, sugiere acciones y da señales informativas. La mayoría de los compradores recuerda el envase más fácilmente que el nombre del producto, pero el color, que tiene un alto valor en la memoria, se recuerda más aún que la marca y el diseño.

La principal misión del color es llamar la atención. El tiempo estimado que los consumidores se detienen a ver un producto es de 1/25 a 1/52 de segundo, de manera que cada producto lucha por sobresalir, buscando ser reconocido o llamar la atención. La forma y el color son básicos para la comunicación visual. Alguno de los efectos son: dar un impacto al preceptor, crear ilusiones ópticas, mejorar la legibilidad e identificar la categoría del producto.

La selección de un color para un producto debe ir de acuerdo con el perfil del consumidor. En general, los colores preferidos según encuestas son: azul, rojo, verde, naranja, amarillo y negro. Independientemente de los objetos o las formas, los colores puros se prefieren sobre los tonos intermedios.

Los colores tienen que ver con impulsos básicos en la gente, por ejemplo:

- Alimento: el naranja, amarillo, verde y café se relacionan con este aspecto. El café amarillento, ocres, amarillo seco y azul grisáceo, remiten a la sed y a la sequedad.
- Instinto maternal: los tonos suaves y colores pastel expresan amor y ternura.

- Importancia y prestigio: colores sobrios y distinguidos como el violeta, rojo vino, amarillo, dorado, negro, algunos tonos verdes y plateado.

Las categorías a considerar, que se interrelacionan e influyen en la selección del color, son: la identidad, la imagen y los requerimientos de venta.

- Identidad: es la naturaleza, apariencia y propiedades físicas del producto; el color informa de qué tipo de mercancía se trata.
- Imagen: es la idea que el consumidor tiene del producto, con el color se sugieren diversas cualidades de éste.
- Requerimientos de venta: principalmente son visibilidad, legibilidad y unidad en el grafismo, todas ellas con el objetivo de facilitar la venta y localización del producto así como de asegurar el grado de identificación.

4.8.5 Materiales para envases

Los principales materiales utilizados para la elaboración de envases y embalajes son:

- a) Metal
- b) Papel y cartón
- c) Madera
- d) Vidrio
- e) Plástico

a) Envases metálicos

Son recipientes rígidos para contener productos líquidos y/o sólidos que pueden cerrarse herméticamente. Los envases metálicos han experimentado un considerable auge en estos últimos años, sobre todo para las bebidas carbonatadas. Tanto su fabricación como su destrucción tienen un costo ambiental realmente considerable.

Los envases de metal son generalmente son fabricados de hojalata electrolítica, o de lámina cromada libre de estaño. Otro material muy utilizado actualmente, es el aluminio. Entre los tipos de envases metálicos destacan las latas, botes sanitarios, recipientes rígidos, aerosoles, entre otros.

b) Envases de papel y cartón

Actualmente, el papel y el cartón tienen gran aceptación debido a que son materiales altamente reciclables ayudando de gran manera al medio ambiente.

Los tipos de papeles empleados para fabricar envases son el papel kraft, el papel pergamino vegetal, papel tissue, papeles encerados, entre otros. El papel tiene una gran variedad de usos como material de empaque como por ejemplo bolsas y sacos y también sacos de papel multicapas.

En lo que consiste al cartón, éste es una variable del papel ya que se compone de varias capas las cuales superpuestas y combinadas le dan su rigidez que lo caracteriza.

Entre los envases de cartón más utilizados tenemos las cajas plegadizas y el cartón para alimentos líquidos o envases Tetra Pak.

c) Envases de Madera

La madera se emplea para fabricar tarimas, cajas, rejas y carretes. La solidez y duración de una caja o una tarima depende del tipo de madera empleada. Entre los envases de madera más comunes tenemos los Pallets y los embalajes para frutas y hortalizas.

d) Envases de Vidrio

El vidrio es una mezcla de óxidos metálicos, los cuales se encadenan por medio de calor y su composición básica es de arena sílica, carbonato de sodio y piedra caliza. El vidrio puede obtenerse de diversos colores, según los gustos o necesidades específicas. Los colores más comunes son ámbar, verde y ópalo.

Algunos de los beneficios que se obtienen al emplear el vidrio como material de envase son: transparencia del envase; barrera contra la luz, en este caso los envases de color ámbar para productos con alto contenido graso; son inertes ya que no producen ninguna reacción química y no alteran el sabor de los productos alimenticios; son altamente resistentes a presiones de hasta 100 kg/cm^2 así como también resisten altas temperaturas.

También presentan beneficios como la maleabilidad, son reutilizables y reciclables además de que son limpios, puros e higiénicos.

e) Envases de Plástico

Los plásticos son materiales que pueden moldearse mediante procesos térmicos, a bajas temperaturas y presiones. Son sustancias orgánicas caracterizadas por su estructura macromolecular y polimérica. Debido a las características físicas y químicas del plástico se han desarrollado diferentes tipos de embases y embalajes obteniendo innumerables beneficios para las industrias.

Los tipos de envases plásticos se dividen en rígidos (botellas, frascos, cajas, estuches, etc.) y flexibles (películas para embalaje, bolsas, etc.). Los envases plásticos rígidos son elaborados a partir de materiales que brindan resistencia al envase como por ejemplo: PET, PEAD, PVC, etc. Los envases flexibles son elaborados a partir de la combinación de éstas películas entre sí. La mayoría de los envases flexibles son fabricados con polietileno de baja densidad.

Los envases de plástico son altamente empleados en la industria alimenticia, en cosméticos, farmacéutica y química industrial.

4.9 Práctica No. 9 Programación agregada

4.9.1 Generalidades

El objetivo general de la planificación o programación agregada es establecer los niveles de producción, mano de obra propia o subcontratada y el inventario para un período de tiempo determinado, pero en forma agregada.

Con los distintos métodos de planificación que existen se pretende optimizar de una mejor manera el uso de los recursos con el fin de evitar cambios súbitos en la producción y al mismo tiempo, reducir el costo total de la planificación. Cualquier método de planificación debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Minimizar los costos de la planificación;
- Respetar las restricciones de la capacidad de la planta;
- Dejar a la empresa en una buena situación enfocada hacia el futuro.

4.9.2 Estrategias básicas de planificación

Estas estrategias se basan en un solo aspecto de los tres que intervienen en la programación agregada: Mano de Obra, inventario y producción.

- Cambio del nivel de Inventario

Una primera estrategia consiste en variar el nivel de inventario, así en previsión de períodos futuros que tengan alta demanda, la empresa acumulará producto terminado. Esta estrategia ofrece una ventaja que asegura las ventas y evita problemas de stock; pero también puede presentar algunos inconvenientes ya que pueden elevarse los costos de mantenimiento de un inventario

- Producción

De igual manera es posible adecuarse a la demanda realizando contrataciones temporales, ya que de esta manera se aproxima la

capacidad de la empresa a las necesidades de producción. Al aplicar esta estrategia se obtiene bajos niveles de inventario pero al mismo tiempo se incurren en gastos para la formación, contratación y despidos

- Mano de obra

Es posible variar la tasa de producción para poder satisfacer la demanda, para ello existen distintas formas de aumentar la capacidad de la planta sin tener que comprar nueva maquinaria o equipo, entre ellas tenemos:

- a) Horas Extra: como sabemos, existe un número máximo de horas extraordinarias, pero su uso incurre en un costo adicional.
- b) Turnos extra: a veces resulta imposible utilizarlo debido a la falta de personal o porque la empresa puede que ya trabaje demasiados turnos, además con este se incurre en un coste adicional.
- c) Subcontratación: muchas empresas subcontratan algunas operaciones, pero esta estrategia se refiere a subcontratar el pedido completo, por ejemplo, una empresa que no pueda cumplir con un pedido, puede cederlo a la competencia debido a la falta de capacidad con el fin de no perder al cliente. Esta es una práctica muy habitual en algunos sectores productivos.
- d) Aumentar los pedidos pendientes: esta estrategia únicamente puede aplicarse cuando se cuenta con clientes pacientes y será necesario compensarlos por la falta de puntualidad en la fecha de entrega. No se debe confundir esta estrategia con entregar los pedidos fuera de plazo.

4.9.3 Caso práctico

La empresa “FAJA T”, fabrica fajas para vehículos para tenerlos en existencia en diferentes medidas. El plan de producción basado en los pronósticos de demanda implica ventas de Q. 1, 175,992 en ventas trimestrales (ver tabla LXXVIII).

Tabla LXXVIII. **Pronóstico de ventas de la empresa “FAJA T” para el caso práctico 4.9.3**

Trimestre	1	2	3	4
Unidades	40,000	27,647	50,000	20,705
Pronóstico de Ventas	Q. 652,000	Q. 336,144.85	Q.455,000	Q. 730,050

Fuente: elaboración propia

El plan de la empresa fue interpretado en términos de manufactura (unidades y horas de mano de obra). Cada marcador contribuye con Q. 8.50 a los ingresos por ventas (ver tabla LXXIX).

Tabla LXXIX. Pronósticos y días producidos para la fabricación de fajas para vehículos, caso práctico 4.9.3

Período	Días Producidos	Pronósticos Producción
Enero	21	13,000
Febrero	20	12,500
Marzo	23	14,500
Abril	20	9,800
Mayo	21	7,270
Junio	21	7,070
Julio	22	18,880
Agosto	22	17,000
Septiembre	21	14,100
Octubre	20	7,800
Noviembre	21	8,350
Diciembre	23	4,555

Fuente: elaboración propia

Y la capacidad máxima de producción es de 32 empleados en un solo turno, la producción puede ser incrementada con tiempo extra, con costos adicionales de Q. 0.85/unidad. Los inventarios generarán Q. 0.50/unidad por concepto de almacenaje y por faltantes Q. 1.25/unidad.

Solución

Para la obtención de las horas de mano de obra tomaremos una Jornada Diurna.

- Sabemos que la Jornada Diurna tiene 8 horas diarias;
- Las horas efectivas de trabajo son 7 horas.

$$\text{Hrs. M. O.} = \text{Horas Efectivas diarias} * \text{No. de días producidos} \\ * \text{No. de empleados}$$

Entonces, tomando los datos de la tabla anterior tenemos:

Enero:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 21 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,704 \text{ horas}$$

Febrero:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 20 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,480 \text{ horas}$$

Marzo:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 23 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 5,152 \text{ horas}$$

Abril:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 20 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,480 \text{ horas}$$

Mayo:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 21 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,704 \text{ horas}$$

Junio:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 21 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,704 \text{ horas}$$

Julio:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 22 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,928 \text{ horas}$$

Agosto:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 22 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,928 \text{ horas}$$

Septiembre:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 21 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,704 \text{ horas}$$

Octubre:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 20 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,480 \text{ horas}$$

Noviembre:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 21 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 4,704 \text{ horas}$$

Diciembre:

$$\text{Hrs. M. O.} = 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 23 \text{ días} * 32 \text{ empleados} = 5,152 \text{ horas}$$

Los datos anteriores nos sirven entonces para obtener las horas/unidad, quedando como sigue (ver Tabla LXXX).

Tabla LXXX. **Planificación para la producción mensual y trimestral para el caso práctico 4.9.3**

Mes	Pronóstico producción por mes	Pronóstico producción por trimestre	Horas M.O. por mes	Horas M.O. por trimestre	Horas de trabajo/ unidad por mes	Horas de trabajo/ unidad por trimestre
Ene.	13,000		4,704		0.36	
Feb.	12,500		4,480		0.36	
Mar.	14,500	40,000	5,152	14,336	0.36	0.36
Abr.	9,800		4,480		0.46	
May.	7,270		4,704		0.65	
Jun.	7,070	24,140	4,704	13,888	0.67	0.59
Jul.	18,880		4,928		0.26	
Ago.	17,000		4,928		0.29	
Sept.	14,100	49,980	4,704	14,560	0.33	0.29
Oct.	7,800		4,480		0.57	
Nov.	8,350		4,704		0.56	
Dic.	4,555	20,705	5,152	14,336	1.13	0.69

Fuente: elaboración propia

Primer trimestre (enero-febrero-marzo)

Con los datos primarios sabes que el pronóstico de ventas para el primer trimestre es de 40,000 unidades, viendo en la tabla anterior, el pronóstico de producción es también de 40,000 unidades, por lo tanto:

$$\text{Inventario inicial 2do. trimestre} = 40,000 - 40,000 = 0 \text{ unidades}$$

Por lo tanto, para el primer trimestre logramos satisfacer la demanda e iniciamos con cero unidades para el siguiente.

Segundo trimestre (abril-mayo-junio)

Para este segundo trimestre se nos indica que el pronóstico de ventas asciende a 27,647 unidades, tomando los datos de la tabla anterior tenemos que el pronóstico de producción es de 24,140 unidades, por lo que tenemos un faltante de 3,507 unidades, por lo tanto:

$$\frac{3,507}{0.36} = 9,741 \text{ unidades} * \frac{Q. 0.85}{\text{unidad}} = Q. 8,729.85$$

Tendremos que pagar por concepto de horas extra Q.8, 729.85, produciendo 9,471 unidades, de las cuales requeriremos las 3,507 para cubrir la demanda del segundo trimestre, por consiguiente tendremos un inventario inicial de 6,234 unidades para el siguiente trimestre. Adicionalmente tendremos los siguientes costos:

$$\text{Costo de almacenaje} = 6,234 \text{ u.} * \frac{Q. 0.50}{\text{u}} = Q. 3,117.00$$

$$\text{Costo por faltante} = 3,507 \text{ u.} * \frac{Q. 1.25}{\text{u}} = Q. 4,383.75$$

Tercer trimestre (julio-agosto-septiembre)

Para este trimestre se nos indica que la demanda de ventas es de 50,000 unidades y producción nos dice que únicamente disponemos de 49,980 unidades, pero además disponemos también de 6,234 unidades que teníamos en inventario, de las cuales tomaremos las 20 unidades que requerimos para completar el pedido, entonces:

Inventario inicial 4to. trimestre = 6,234 – 20 = 6,214 unidades

Teniendo también los siguientes costos:

$$\text{Costo de almacenaje} = 6,214 \text{ u.} * \frac{\text{Q. } 0.50}{\text{u}} = \text{Q. } 3,107.00$$

$$\text{Costo por faltante} = 20 \text{ u.} * \frac{\text{Q. } 1.25}{\text{u}} = \text{Q. } 30.00$$

Cuarto trimestre (octubre-noviembre-diciembre)

El departamento de ventas nos indica que tenemos una demanda de 20,705 unidades y producción dispone con la capacidad para satisfacer a cabalidad esa demanda, ya que contamos en inventario con 6,214 unidades, estas se convertirán en el inventario inicial para el primer trimestre del siguiente año, sin embargo, tenemos los siguientes costos:

$$\text{Costo de almacenaje} = 6,214 \text{ u.} * \frac{\text{Q. } 0.50}{\text{u}} = \text{Q. } 3,107.00$$

$$\text{Costo por faltante} = 20 \text{ u.} * \frac{\text{Q. } 1.25}{\text{u}} = \text{Q. } 30.00$$

Conclusión

Vemos que por no haber realizado una planificación eficiente tuvimos que recurrir a la necesidad de producir unidades en tiempo extra, generando así gastos adicionales tanto en mano de obra como en inventario; es aquí entonces donde la programación agregada juega un papel importante en la planificación, ya que con ella podemos realizar planes para verificar si una empresa es capaz

de satisfacer una demanda determinada o si requiere laborar horas extra, con ello la programación agregada permite tener una visión más amplia sobre los requerimientos de producción y así dar la pauta a planificar con anticipación.

5. MANUAL DE PRÁCTICAS PARA CONTROLES INDUSTRIALES

5.1 Práctica No. 1 Administración de la calidad

5.1.1 Antecedentes históricos de la calidad

Durante la Edad Media, el artesano hábil realizaba una doble función: fabricante e inspector. Los fabricantes, que trataban directamente con el cliente, se enorgullecían de su trabajo manual. En esa época se formaban gremios, formados por maestros, artesanos y aprendices, creados para garantizar que todos ellos obtuvieran una capacidad adecuada en la elaboración de los artículos de la época. El aseguramiento de la calidad era informal, ya que todos los esfuerzos tenían como objetivo el asegurar que la calidad fuera incorporada al producto por todas las personas que lo fabricaban.

En sentido general, “aseguramiento de la calidad” se refiere a cualquier tipo de actividad planeada y sistemática que tiene como finalidad dar a los clientes productos (ya sean bienes o servicios), con una calidad apropiada. Además ofrecer la confianza de que los productos cumplan con los requerimientos de los clientes. Con esto, podemos afirmar que el aseguramiento de la calidad se relaciona con una forma de medición e inspección, ya que ha sido un elemento importante en las actividades productivas a lo largo de la historia.

5.1.2 La calidad en el siglo XX

La Revolución Industrial hizo posible que los procesos de manufactura y los bienes de consumo se expandieran, se empezaron a crear empresas, lo cual resolvió algunos de los problemas de la calidad, pero surgieron otros de tipo administrativo y humanos.

La calidad ha evolucionado a través de cuatro eras, las cuales son:

- Inspección (siglo XIX): que se caracterizó por la detección y la solución de los problemas generados por la falta de uniformidad del producto.
- Control estadístico del proceso (década de los treinta): enfocada al control de los procesos y la aparición de métodos estadísticos para el mismo fin y para la reducción de los niveles de inspección.
- Aseguramiento de la calidad (década de los cincuenta): es cuando surge la necesidad de involucrar a todos los departamentos de la organización en el diseño, planeación y ejecución de políticas.
- Administración estratégica por calidad total (década de los noventa): en esta década se hace hincapié en el mercado y en las necesidades del consumidor, reconociendo el efecto estratégico de la calidad en el proceso de competitividad.

La primera etapa, la inspección, es el resultado de los primeros desarrollos de la teoría de la administración fundamentada en las contribuciones de Frederick Winslow Taylor y Henry Fayol a finales del siglo XIX y siglo XX. Taylor, a menudo llamado el padre de la administración científica,

dio lugar a una nueva filosofía de producción. La filosofía de Taylor era separar la función de planeación de la función de ejecución; con ello, a los administradores e ingenieros se les dio la tarea de planear, los supervisores y obreros se encargaron de la ejecución. Al dividir el trabajo en varias tareas específicas y enfocarse en el aumento de la eficiencia, el aseguramiento de la calidad quedó en manos de los supervisores; con ello, los fabricantes podían enviar al mercado productos de buena calidad, pero a costos muy altos. Los defectos estaban presentes, pero la supervisión los eliminó. Las plantas dieron empleo a cientos de supervisores, así, la supervisión era el medio principal de control de calidad durante la primera mitad del siglo XX.

Después de la Segunda Guerra, durante los últimos años de la década de 1940, dos asesores estadounidenses, el doctor Joseph Juran y el doctor W. Edwards Deming presentaron a los japoneses, técnicas de control de calidad estadísticas que les ayudarían en sus esfuerzos de reconstrucción. Una parte importante de su actividad educativa estaba enfocada a la alta dirección, en lugar de concentrarse sólo en los especialistas en la calidad. Con apoyo de los directivos, los japoneses integraron la calidad a todas sus organizaciones y desarrollaron una cultura de mejoramiento continuo (que en ocasiones los japoneses llamaron Kai-zen). En 1951, la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses –JUSE- instituyó el premio Deming, que se otorga a las personas y empresas que cumplen con los estrictos criterios propios de la práctica de la administración de la calidad.

5.1.3 Definición de la calidad

La calidad puede parecer un concepto confuso, debido en cierta parte, a que la gente considera la calidad de acuerdo con diversos criterios basados en sus funciones individuales dentro del ciclo de valor de la mercadotecnia-

producción. Además, el significado de calidad sigue evolucionando conforme al crecimiento y maduración de la profesión de la calidad. La calidad tiene distintas definiciones o perspectivas, entre las cuales destacan:

- a) Perfección;
- b) Consistencia;
- c) Eliminación del desperdicio;
- d) Velocidad de entrega;
- e) Ofrecimiento de un producto eficiente y útil;
- f) Cumplimiento con las políticas y procedimientos;
- g) Complacer o satisfacer a los clientes;
- h) Hacer las cosas bien desde la primera vez;
- i) Servicio y satisfacción total para el cliente.

Por lo tanto, es importante entender las diferentes perspectivas desde las cuales se ve la calidad, a fin de apreciar por completo el papel que desempeña en las distintas partes de una organización.

También es importante tomar en cuenta la perspectiva de la calidad enfocada hacia el cliente, es decir, la calidad impulsada por el cliente, la cual es cubrir o exceder las expectativas del cliente.

5.1.4 Enfoques de la calidad

Los enfoques de la calidad sirven para percibir la calidad en sí, existen distintos enfoques, entre los cuales se destacan:

a) Enfoque basado en el juicio

Sirve para la percepción de la calidad, está basado en el sentido común, es decir, que se da por aprobado un producto aún no habiéndolo probado.

b) Enfoque hacia los productos

Basado en el producto, para ello se utilizan variables medibles (atributos del producto), las cuales pueden ser:

- Medido en especificaciones y tolerancias;
- Que los atributos sean idénticos.

c) Enfoque hacia el usuario

Es lo que el cliente quiere. Adaptación al uso para el que el producto se compra, o la manera en la que el producto cubre la función para la cual está diseñado.

d) Enfoque hacia el valor

Es la relación entre el uso o la satisfacción con el precio. Valorar el producto en relación al precio.

e) Enfoque hacia la manufactura

Es el resultado deseable de la práctica de ingeniería y la manufactura o la conformidad con las especificaciones.

5.1.5 Calidad total

La calidad total (TQ, por sus siglas en inglés *Total Quality*) es un sistema administrativo enfocado hacia las personas, que busca un incremento continuo en la satisfacción del cliente a un costo real cada vez menor. La TQ es un enfoque de sistemas y parte integral de una estrategia de alto nivel: se desempeña horizontalmente en todas las funciones y departamentos, comprende a todos los empleados en todas las jerarquías, y se extiende como una integración vertical hacia atrás y hacia adelante para incluir a la cadena de proveedores y a los clientes.

La TQ se fundamenta filosóficamente en el método científico. La TQ incluye sistemas, métodos y herramientas. Los sistemas permiten el cambio; la filosofía permanece igual. La TQ se fundamenta en valores que resalten la dignidad del individuo y el poder de acción de la comunidad.

Los japoneses son una muestra de ello, adoptaron el sistema de control de calidad en toda la empresa; a continuación se muestran cinco aspectos de la calidad total practicada en Japón:

- a) El énfasis de la calidad se extiende a través del análisis del mercado, el diseño y el servicio a clientes, en lugar de hacerlo solamente por las distintas etapas de la manufactura de un producto.
- b) El énfasis en la calidad está dirigido a las operaciones que se realizan en cada una de las áreas: desde el nivel de los ejecutivos, hasta el personal operativo.

- c) La calidad es responsabilidad de la persona y del grupo de trabajo, y no de unos grupos solamente, por ejemplo el de inspección.
- d) Los dos tipos de características de la calidad, desde el punto de vista de los clientes, son aquellas que satisfacen y las que motivan. Sólo las segundas tienen una estrecha relación con las ventas repetidas y una imagen de “calidad”.
- e) El primer cliente para una parte, o segmento de información, casi siempre es el siguiente departamento en el proceso de producción.

Además, cualquiera que sea el idioma empleado, la calidad total se basa en tres principios fundamentales:

- Un enfoque en los clientes y accionistas;
- La participación y el trabajo en equipo de todos en la organización;
- Un enfoque del proceso que cuenta con el apoyo del mejoramiento y el aprendizaje continuos.

5.1.6 Calidad en los servicios

El “servicio” se puede definir como cualquier actividad primaria o complementaria que no produce directamente un bien físico; es decir, la parte sin producto de la operación entre el comprador (cliente) y el vendedor (proveedor).

La producción de servicios se diferencia de la manufactura en muchos aspectos, y cada una de estas diferencias representa implicaciones importantes

para la administración de la calidad. A continuación se describen las más significativas:

- Muy a menudo, es difícil identificar y medir las necesidades de los clientes y los estándares de desempeño, debido a que los clientes son quienes definen cuales son éstos, y cada cliente es diferente.
- La producción de servicios requiere de mayor grado de personalización que la de manufactura; o sea, que hay que adaptar los servicios a cada cliente. En la manufactura la meta es la uniformidad.
- El resultado de muchos sistemas de servicio es intangible, mientras que en los de manufactura se producen productos tangibles y visibles. La calidad de la manufactura se puede comparar con las especificaciones del diseño, pero la calidad del servicio solo se puede medir con las expectativas del cliente.
- Los servicios se producen y se consumen al mismo tiempo; mientras que los bienes fabricados se producen antes de su consumo. Por lo tanto, los servicios no es posible almacenarlos, manejarlos en inventario ni inspeccionarlos antes de su entrega.
- A menudo, los clientes participan en el proceso de servicio y están presentes mientras se lleva a cabo, en tanto que en la manufactura se realiza lejos del cliente.

5.1.7 Herramientas para el control de calidad

Estas son algunas de las principales herramientas que se emplean para el control de calidad:

- Hoja de control o de verificación: una hoja de verificación es un formato que se usa para recolectar datos de manera organizada. Se usa para recolectar

datos, para validar un problema o una causa o bien, para verificar el progreso durante la implementación de una solución. Las hojas de verificación pueden venir en diferentes formas y tamaños.

- Histograma: consiste en una representación de datos en forma ordenada con el fin de determinar la frecuencia con que algo ocurre. El Histograma muestra gráficamente la capacidad de un proceso, y si así se desea, la relación que guarda tal proceso con las especificaciones y las normas. También da una idea de la magnitud de la población y muestra las discontinuidades que se producen en los datos.
- Diagrama de dispersión: en un diagrama de dispersión se examina la relación entre parejas de datos. Esta herramienta generalmente es utilizada cuando se desea establecer la relación entre una causa y el efecto, o bien, la relación entre dos causas. Un Diagrama de Dispersión es la forma más sencilla de definir si existe o no una relación causa- efecto entre dos variables y que tan firme es esta relación, como por ejemplo la estatura y peso.
- Estratificación: el objetivo de la estratificación es comprender un problema o analizar sus causas observando factores o elementos posibles y comprensibles. Los datos recolectados de una sola población se dividen en varios estratos o niveles: por tiempo, mano de obra, maquinaria, métodos de trabajo, materias primas, por producto, por medio ambiente, etc.; para descubrir algunos de los puntos de los datos, algunas peculiaridades o características latentes comunes o similares. Por ejemplo, después de recolectar datos de errores en fotocopias, podemos descubrir algunos factores o peculiaridades relacionadas para estratificarlas de acuerdo con el

operador, la máquina copiadora, el tamaño del papel, la hora, fecha o el método de operación de copiado.

- Diagrama de Pareto: el diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores triviales. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas.
- Diagrama de causa y efecto (Diagrama de Ishikawa): este diagrama es una figura compuesta de líneas y símbolos diseñados para representar la relación entre un efecto y una causa. En ocasiones se le llama diagrama de Ishikawa, en honor al Dr. Kaoru Ishikawa, considerado el padre de los Círculos de Control de Calidad. Otros lo llaman diagrama de “pescado” debido a su parecido con el esqueleto de un pez. Es una herramienta muy efectiva para analizar las causas de un problema, incluso los problemas caseros, como por ejemplo el consumo de electricidad.
- Gráficas de control: los gráficos de control o cartas de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos. Básicamente, una Carta de Control es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso.

5.1.8 Caso Práctico

- a) La fábrica de vidrios “Servi-Glass” desea determinar la causa de los defectos encontrados en los vidrios analizados en un lote, de la inspección realizada se encontraron los siguientes defectos (ver tabla LXXXI).

Tabla LXXXI. **Cantidad de defectos encontrados en una muestra de vidrios analizados, caso práctico 5.1.8**

Tipo	Defecto	Cantidad
A	Incompleto	48
B	Rayas superficiales	32
C	Grietas	23
D	Deformados	8
E	Otros	4

Fuente: elaboración propia

Se solicita entonces realizar un diagrama de Pareto para determinar la proporción de defectuosos.

Solución

Primero realizamos una tabla en donde se encuentren nuestros defectos y las proporciones de cada uno de ellos, nuestra tabla nos queda de la siguiente manera:

Tabla LXXXII. **Proporción de defectos y frecuencia acumulada de los vidrios inspeccionados, caso práctico 5.1.8**

Tipo de Defecto	Cantidad	Proporción	Frecuencia Acumulada
A	48	42%	42
B	32	28%	70
C	23	23%	90
D	8	7%	97
E	4	3%	100
Total	115	100%	

Fuente: elaboración propia

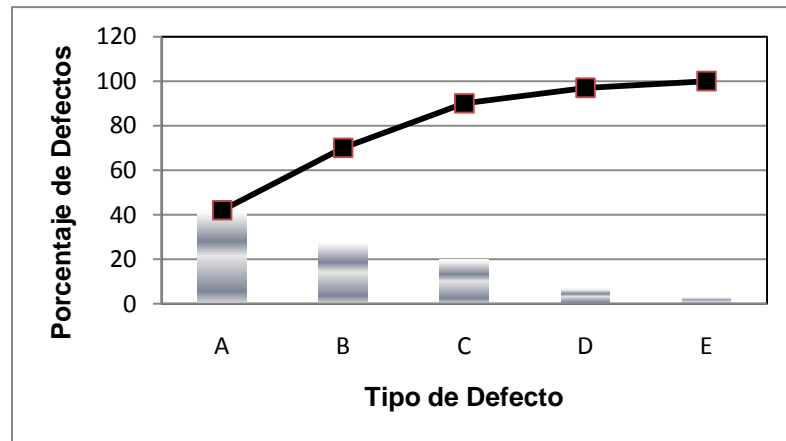
Con fines didácticos, los porcentajes de la proporción mostrados en la tabla anterior están aproximados al siguiente entero superior.

Si tomamos las primeras dos filas, vemos que la frecuencia acumulada es de 70%, por lo tanto vemos que en los primeros dos defectos se encuentra la mayoría de los problemas de nuestro producto; entonces la proporción nos queda de la siguiente manera:

$$\frac{70 \%}{40 \%}$$

El 70 % de mis defectos se encuentra en el 40% del tipo de defecto (ver figura 37). La gráfica nos queda así (ver página siguiente).

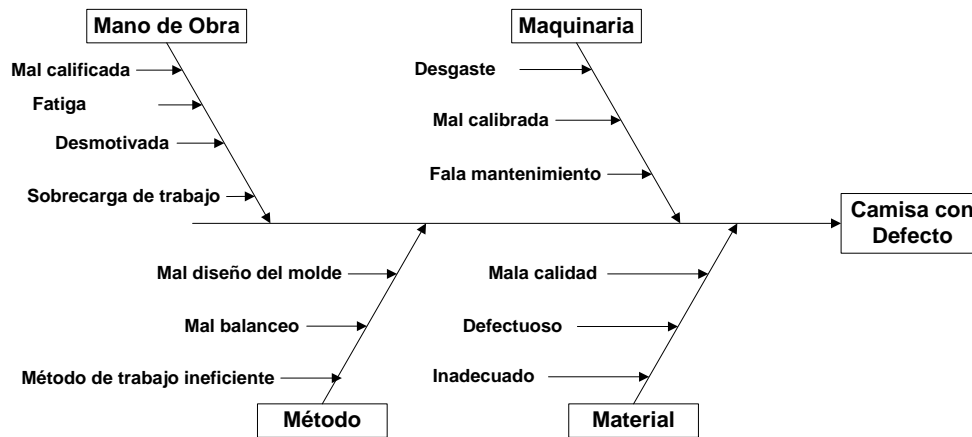
Figura 37. **Diagrama de Pareto para el análisis de los vidrios defectuosos encontrados en un lote inspeccionado, caso práctico 5.1.8 inciso a)**



Fuente: elaboración propia

- b) La empresa “Blizzard” se encarga de la fabricación de camisas de vestir para hombres, últimamente se detectaron varias inconformidades en el producto XB-1281, el cual es una camisa de vestir manga larga. Se solicita que se realice un diagrama Ishikawa para determinar las posibles causas de los defectos en las camisas (ver figura 38).

Figura 38. Diagrama Ishikawa para el caso práctico 5.1.8 inciso b



Fuente: elaboración propia

5.2 Práctica No. 2 Mejoramiento de la calidad

5.2.1 La mejora continua

La mejora continua es un atributo fundamental de la administración de la calidad total, surge de la teoría de que todas las operaciones comerciales y las actividades laborales pueden realizarse con más eficacia. Ello exige un método de administración que estimule la identificación y el aprovechamiento de oportunidades que se presenten para efectuar la mejora.

Entonces, la mejora continua es una herramienta que permite el incremento en la productividad favoreciendo al crecimiento estable de todos los procesos. La mejora continua asegura la estabilización del proceso y establece posibilidades de optimización.

Para poder establecer la mejora continua en la organización es necesario cumplir con los siguientes requerimientos:

- Apoyo en la gestión;
- Retroalimentación y revisión en cada paso del proceso;
- Responsabilidad de parte de la Alta Dirección;
- Empowerment (dar empoderamiento al trabajador);
- Realizar mediciones tangibles de los resultados de cada proceso.

Las premisas de la mejora continua son:

- Mantenerlo simple (*Keep it simple*);
- Si se ingresan datos erróneos, se obtendrán resultados erróneos;
- Confiamos en ello pero vamos a verificarlo;
- Si no se puede medir, no se puede gestionar.

5.2.2 Círculos de control de calidad

Los círculos de calidad consisten en pequeños grupos de empleados que realizan un trabajo igual o similar en un área de trabajo común, y que trabajan para el mismo supervisor, reuniéndose voluntariamente y periódicamente con el fin de identificar, seleccionar y analizar problemas y posibilidades de mejora relacionados con su trabajo, recomendar soluciones y presentarlas a la Alta Dirección, y si ésta lo aprueba, llevar a cabo su implementación.

Ser un miembro de un grupo de calidad es algo estrictamente voluntario. El éxito de los círculos de calidad radica en el hecho de que los

empelados los consideran suyos, y no algo instituido simplemente para mantener satisfecha a la Alta Dirección.

Entre las actividades que realizan los Círculos de Calidad están las siguientes:

- Identificar problemas;
- Seleccionar el problema de mayor importancia;
- Hacer que el círculo investigue dichos problemas;
- Encontrar las soluciones;
- Tomar medidas, en caso de que el círculo esté autorizado a hacerlo;
- Hacer una exposición de los problemas y las posibles soluciones a la Alta Dirección.

Los círculos de calidad generan en las personas un sentimiento de satisfacción y pueden proporcionarles el reconocimiento de sus logros. Estos se deben a tres razones:

- a) Una mayor conciencia del trabajo en equipo;
- b) El aumento en la participación de los individuos;
- c) Mejoras en el modo de realizar tareas y, por lo tanto, el aumento de la calidad.

Los elementos decisivos para el éxito de los Círculos de Calidad son:

- La participación voluntaria;
- La formación de los miembros en:
 - Análisis estadístico;
 - Dinámicas de grupo;

- Técnicas de resolución de problemas.
- La elección libre de los temas a tratar por los miembros del grupo, sin imposición jerárquica que ahogue la colaboración creativa del grupo.
- Las reuniones deben celebrarse regularmente en tiempo pagado por la empresa, y que ésta asuma el coste de la puesta en marcha.

5.2.3 La ruta de calidad

El proceso de resolución de problemas de calidad es comúnmente conocido como la “ruta de calidad”. Los miembros que conforman los círculos de calidad serán eficientes en la resolución de problemas si se apegan al ciclo de Planear-Hacer-Verificar-Actuar ó mejor conocido como el PHVA. Este ciclo sirve para gestionar planes de mejora, implementar lo que se planeó, verificarlo y analizarlo basándose siempre en los resultados encontrados.

El proceso que conlleva la resolución de problemas dentro de las actividades que realizan los círculos de calidad generalmente se presenta en forma de una ruta de calidad. Ésta se usa inicialmente para reportar las actividades que realizaba el círculo cuando resolvían un problema; posteriormente, la ruta de calidad se convirtió hoy en día en un proceso formal para la resolución de problemas. Éste método se ha consolidado en una herramienta muy efectiva para abordar problemas que acosan a la organización, también funciona para tratar problemas imprevistos cuyas causas no están previamente definidas. Si se siguen los pasos escalonados de los que consta la ruta de calidad, los integrantes del círculo pueden resumir e identificar los principales factores de un problema.

Como se mencionó anteriormente, los círculos de calidad cuentan con una guía sobre cada uno de los pasos que se deben seguir para la resolución

de problemas; pero la cuestión es la siguiente, ¿por qué debemos seguir este proceso? o ¿por qué no podemos dejar la solución a nuestras propias ideas y procedimientos?, la respuesta a estas cuestiones es simple: porque en la resolución de problema, es de suma importancia analizar los datos y la evidencia con la que se cuenta para así dar un diagnóstico real del problema. Dicho en otras palabras, si no se sustentan los datos y se emiten juicios basándose únicamente en experiencias personales y emociones, es poco probable que el problema pueda ser resuelto de forma rápida y eficiente. Por lo tanto, utilizar un procedimiento que ya ha sido probado y a la vez aprovechar sus peculiaridades y habilidades de cada quien, es un camino seguro para resolver problemas.

La ruta de calidad se rige por los siguientes pasos:

- a) Selección del tema: en esta primera etapa, los miembros seleccionan un tema de entre los problemas del centro de trabajo, al cual se le dará solución, según el criterio de los integrantes. Para ello es de vital importancia tener una visión clara del objetivo a lograr.
- b) Entender el estado actual y establecer metas: después de haber seleccionado el tema, los miembros deben procurar entender la situación actual. Se enumeran todos los posibles problemas relacionados con el proceso utilizando datos para validarlos. El objetivo principal de este paso es reunir información amplia para comprender la situación actual del problema, de modo que los miembros del grupo puedan establecer un conjunto definido de metas.
- c) Establecimiento del plan de actividades: con base a los datos adquiridos en el segundo paso, los miembros establecen un plan de actividades siguiendo

el procedimiento llamado 5W1H (por las siglas en inglés de *What, Why, When, Where* y *How*, que corresponden a Qué, Por qué, Cuándo, Dónde, Quién y Cómo) para establecer qué se va a atacar, su justificación (por qué), los detalles del plan en el tiempo (cuándo) y el lugar (dónde), qué recursos estarán involucrados (quiénes) y las acciones a seguir (cómo).

- d) Análisis de causas: el objetivo principal de este paso es la de establecer una dirección clara sobre qué medidas se van a tomar para el problema. Después de haber seleccionado el problema, se deben identificar las causas y sus efectos. Este paso es el más importante, ya que en él se identifica la causa raíz del problema y se muestra lo que es necesario cambiar.
- e) Examen de contramedidas y su implementación: después de haber identificado las causas, se examinan, evalúan y seleccionan las medidas correctivas. Este paso tiene como meta eliminar la causa raíz e implementar medidas más efectivas para evitar recurrencia del problema. Los miembros del grupo de calidad se reúnen para discutirlo, tomando en cuenta factores como la efectividad, el costo, la condición de restricciones y los impactos entre ellos. Luego, los miembros implementan las medidas correctivas en las operaciones diarias, de acuerdo con el plan y monitoreando los resultados.
- f) Evaluación de la efectividad: este paso permite evaluar si se han superado los impedimentos o hasta qué punto se han alcanzado los objetivos iniciales, así como identificar otras mejoras adicionales que pudieran haberse incorporado a la solución inicial. El círculo identifica los resultados, tanto tangibles como intangibles, usa datos para valorizarlos y los compara con el conjunto de metas que se habían fijado inicialmente. Los resultados

tangibles son aquellos que mejoran los procesos, mientras que los resultados intangibles son los que mejoran las habilidades, como el aprendizaje y la educación de los operarios y empleados. Es importante mencionar, que si el resultado no alcanza la meta prevista, el proceso debe realizarse nuevamente desde las etapas anteriores.

- g) Estandarización y permanencia: por último, y después de haber identificado los métodos efectivos, éstos se deben estandarizar y convertirse en parte permanente de las operaciones diarias de la organización. Con base en la estandarización, los miembros capacitan a las personas involucradas, desarrollan nuevos manuales de capacitación y entrenamiento y los entregan a los involucrados. Periódicamente se realizan evaluaciones con el propósito de asegurarse que el proceso se mantenga de forma apropiada. El último paso es que el círculo determine el siguiente problema a tratar, mismo que puede elegirse de la lista que generaron al principio

Se ha hecho notar, que seguir esta ruta asegura encontrar una solución de una manera más eficiente sin importar la dificultad del problema, ni quién esté tratando de resolverlo, éste método conducirá a soluciones rápidas y reales.

5.2.4 Los 14 puntos de Deming

Ningún personaje ha tenido más influencia en la administración de la calidad como el doctor Edward Deming. Deming recibió un doctorado en física y tuvo una formación importante en la estadística, de modo que su filosofía tiene sus raíces en ella. Reconoció que la importancia de considerar los procesos administrativos estadísticamente, pero se dio cuenta que enseñar estadística

sólo a los ingenieros y trabajadores de las fábricas no solucionaría los problemas fundamentales de calidad en la manufactura.

La filosofía de Deming se basa en el liderazgo de la alta dirección, las asociaciones entre clientes y proveedores y la mejora continua en los procesos de manufactura y desarrollo de productos. Estos son los 14 puntos en los que se basa su filosofía de la calidad:

- a) Crear una visión y demostrar un compromiso: una organización debe definir sus valores, su misión y su visión del futuro para ofrecer a sus administradores una dirección a largo plazo.
- b) Aprender la nueva filosofía: significa adoptar un enfoque hacia el cliente, basado en la cooperación mutua entre los empleados y la administración y en un ciclo de mejora sin fin. Enfocarse de manera eficaz en las necesidades de los clientes.
- c) Entender la inspección: Deming sabía que la inspección era el principal medio de control de la calidad; pero la inspección se debe usar más como una herramienta para recopilar que lleve a una mejora y no como un medio de “asegurar” la calidad o culpar a los empleados.
- d) Se debe de dejar de tomar decisiones con base únicamente en los costos: se debe considerar la compra de materia prima que sea de calidad y que en si se ahorra en este aspecto el producto terminado puede que no cumpla con las expectativas del cliente.
- e) Mejorar en forma constante y para siempre: las mejoras son necesarias tanto en el diseño como en las operaciones. Un mejor diseño de bienes y

servicios se deriva de la comprensión de las necesidades de los clientes y del análisis continuo del mercado.

- f) Instituir la capacitación y el entrenamiento: la capacitación y el entrenamiento no solo dan como resultado mejoras en la calidad y la productividad, sino que también elevan la moral de los trabajadores y les demuestra que la empresa quiere ayudarles e invierte en su futuro.
- g) Instituir el liderazgo: el trabajo de la administración es el liderazgo, no la supervisión. La supervisión consiste en simplemente vigilar y dirigir el trabajo; el liderazgo significa ofrecer una guía para ayudar a los empleados a realizar mejor su trabajo con menos esfuerzo.
- h) Eliminar el temor: eliminar el temor constituye la base de muchos de los 14 puntos. El temor se manifiesta de muchas maneras; temor a la represión, al fracaso, al cambio, a lo desconocido o a perder el control.
- i) Optimizar los esfuerzos de los equipos: el trabajo en equipo ayuda a eliminar las barreras entre los departamentos y las personas.
- j) Eliminar las exhortaciones: es mejor utilizar el pensamiento estadístico y la capacitación y no los lemas, son las mejores formas de elevar la calidad. La motivación se logra mejor a partir de la confianza y el liderazgo que con los lemas y objetivos.
- k) Eliminar las cuotas numéricas por objetivos (MBO, *Management by Objective*): las normas y cuotas se derivan de las perspectivas a corto plazo y crean temor. Es posible que los trabajadores sacrifiquen la calidad a fin de lograr un objetivo.

- l) Eliminar los obstáculos al surgimiento del orgullo por el trabajo realizado: eliminar la evaluación de desempeño, ésta destruye el trabajo en equipo al promover la competencia por recursos limitados.

- m) Fomentar la educación y la mejora personal: se refiere a la educación amplia y continua para el desarrollo personal. El desarrollo del valor es un poderoso método de motivación.

- n) Empezar una acción: se refiere a cambiar la cultura organizacional, enfrentar la resistencia al cambio y lidiar con ella para minimizarla.

5.2.5 La filosofía de Juran

Joseph Juran nació en Rumania en 1904 y llegó a Estados Unidos en 1912. Colaboró con la *Western Electric* en la década de 1920, en la época en que fue pionera del desarrollo de los métodos estadísticos para la calidad. Trabajó durante mucho tiempo en empresas como ingeniero industrial, y, en 1951, realizó la mayoría de los trabajos de redacción, edición y publicación del *Quality Control Handbook*.

Al igual que Deming, Juran enseñó los principios de calidad a los japoneses en la década de 1950 y fue una fuerza importante en su reorganización para la calidad. Juran también se unió a la conclusión de Deming acerca de que las empresas estadounidenses enfrentaban una crisis importante en la calidad, debido a enormes costos de mala calidad y la pérdida de ventas frente a la competencia del extranjero. Ambos creían que la solución a esta crisis dependía de una nueva manera de pensar respecto a la calidad que incluía todos los niveles de la jerarquía de la organización. La alta dirección

en particular requiere de capacitación y experiencia en la administración para la calidad.

Juran propuso una simple definición de calidad: “Adaptación al uso”. Las recomendaciones de Juran se concentran en tres procesos de calidad principales, llamados la “Trilogía de Calidad”, las cuales son:

- a) Planeación de la calidad: es el proceso de cumplimiento de los objetivos de la calidad.
- b) Control de calidad: es el proceso del cumplimiento de los objetivos de la calidad durante las operaciones
- c) Mejora de la calidad: es el proceso de alcanzar niveles de desempeño sin precedentes.

5.2.6 Las Normas ISO 9000

Conforme la calidad se convirtió en el enfoque principal de las empresas en todo el mundo, distintas organizaciones desarrollaron normas y lineamientos. Términos como “administración de calidad”, “control de calidad”, “sistemas de calidad” y “aseguramiento de la calidad”, adquirieron significados diferentes, en ocasiones conflictivos, de un país a otro, dentro de un mismo país e incluso dentro de un sector.

A fin de estandarizar los requisitos de calidad para los países europeos dentro del Mercado Común y para quienes querían hacer negocios con esos países, en 1987, un organismo especializado en normatividad, la *International Organization for Standardization* (IOS), fundada en 1946 y compuesta por

representantes de los organismos de normas nacionales de 91 países, adoptó una serie de normas de calidad escritas.

La IOS adoptó un enfoque único al tomar el prefijo de “ISO” para dar nombre a las normas. ISO define las normas de los sistemas de calidad con base a la premisa de que ciertas características genéricas se pueden estandarizar, y que un sistema de calidad bien diseñado, bien implantado y administrado con cuidado ofrece la confianza de que los resultados van a cubrir las necesidades y expectativas de los clientes.

Las normas ISO 9000 son aquellas que se encargan de regir la calidad, estas normas se crearon para cumplir cinco objetivos:

- a) Lograr mantener y buscar en forma continua mejoras en la calidad de los productos (incluidos los servicios) en relación con los requisitos;
- b) Mejorar la calidad de las operaciones para cubrir en forma continua las necesidades expresas e implícitas de los clientes y grupos de referencia;
- c) Dar confianza a la administración interna y otros empleados de que se cumplen los requisitos de calidad y de que se cumplen los requisitos de calidad y de que la mejora tiene lugar;
- d) Inspirar confianza a los clientes y grupos de referencia de que se logran los requisitos de calidad en el producto entregado;
- e) Darles la confianza de que se cumplen con los requisitos del sistema de calidad.

Las normas ISO 9000 se enfocan en el desarrollo, documentación e implementación de procedimientos para asegurar la consistencia de las operaciones y el desempeño en los procesos de producción y prestación de

servicios, con la meta de una mejora continua, y apoyaras por los principios fundamentales de la calidad total. Las normas consisten en tres documentos:

- ISO 9000: Fundamentos y vocabulario: este documento proporciona información fundamental sobre los antecedentes y establece las definiciones de los términos clave que se emplean en las normas.
- ISO 9001: Requisitos: este documento proporciona los requisitos específicos para un sistema de gestión de calidad, lo que los usuarios deben hacer a fin de obtener una certificación por un tercero. Estos requisitos están organizados en cuatro secciones principales:
 - Responsabilidad de la Administración;
 - Administración de recursos;
 - Realización de productos;
 - Medición, análisis y mejora.
- ISO 9004: Lineamientos para mejoras en el desempeño: este documento ofrece los lineamientos que ayudan a las organizaciones a mejorar sus sistemas de administración de calidad más allá de los requisitos mínimos en ISO 9001, pero no establecen ningún requisito que deban seguir.

Así también, las normas ISO 9000 se fundamentan en ocho principios de la administración de la calidad, éstos son:

- Principio 1, enfoque hacia el cliente: las organizaciones dependen de sus clientes y, por lo tanto, deben entender sus necesidades actuales y futuras, cumplir los requisitos de los clientes y tratar de exceder sus expectativas.

- Principio 2, liderazgo: los líderes establecen la unidad en los productos y la dirección de la organización. Deben crear y conservar un ambiente interno en el que la gente pueda participar por completo en el logro de los objetivos de la empresa.
- Principio 3, participación de la gente: las personas de todos los niveles constituyen la esencia de una organización, y su total participación permite que sus habilidades se aprovechen en beneficio de la empresa.
- Principio 4, enfoque hacia los procesos: el resultado deseado se logra con mayor eficiencia cuando las actividades y los recursos relacionados se manejan como un proceso.
- Principio 5, enfoque de sistemas para la administración: la identificación, la comprensión y la administración de los procesos relacionados entre sí como un sistema contribuyen a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus objetivos.
- Principio 6, mejora continua: la mejora continua del desempeño general de la organización deben ser un objetivo permanente de la misma.
- Principio 7, enfoque hacia la toma de decisiones con base en hechos: las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.
- Principio 8, relaciones con los proveedores que beneficien a ambas partes: una organización y sus proveedores son dependientes entre sí, y una relación que beneficie a ambas partes aumenta su capacidad para crear valor.

5.3 Práctica No. 3 Control estadístico de la calidad y estadística básica

5.3.1 Control estadístico de procesos

Las gráficas de control son una importante herramienta empleada en el control de calidad. Básicamente, una carta de control es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso y que sirve para controlar dicho proceso.

Un control estadístico de procesos (CEP), consiste en un proceso para controlar estándares, realizar mediciones y tomar medidas correctivas que sean apropiadas mientras es elaborado un producto o se presta un servicio.

Las herramientas que emplea el CEP son las siguientes:

- Índices de capacidad;
- Capacidades del proceso;
- Gráficos de control.

5.3.2 Ventajas que permite el CEP

El control estadístico de procesos permite mayores beneficios, tales como:

- ✓ Al vigilar continuamente el funcionamiento del proceso se reduce la fabricación de productos defectuosos;
- ✓ El control de producto terminado genera poca información útil para poder ajustar y mejorar el proceso. Mediante el control estadístico del proceso se

puede saber en qué momento se comenzó a desajustar el proceso, por lo tanto, pueden analizarse las circunstancias que llevaron al desajuste y evitar que ocurran nuevamente.

5.3.3 Análisis de un proceso de producción

Cuando se analiza la información resultante de un proceso productivo o de servicio, se deben tomar decisiones en cuanto a si la variabilidad observada nos obliga a modificar el proceso o dejarlo tal y como esta. La variabilidad observada puede deberse a dos causas:

- Causas asignables: éstas son causas que pueden ser identificadas y que conviene descubrir y eliminar, por ejemplo, una falla de una máquina por desgaste de una pieza, un cambio muy notorio en la calidad del plástico, etc. Estas causas provocan que el proceso no funcione como se desea y por lo tanto es necesario eliminarlas y retornar el proceso a un funcionamiento correcto.
- Causas no asignables: consisten en un grupo numeroso de causas no identificadas, ya sea por la falta de medios técnicos o porque no es económico hacerlo, cada una ejerce un pequeño efecto en la variación total. Estas son inherentes al proceso mismo y no pueden ser deducidas o eliminadas a menos que el proceso sea modificado.

Cuando el proceso trabaja afectado únicamente por un sistema de variables aleatorias no controlables (causas no asignables), se dice que el proceso está funcionando bajo control estadístico. Cuando, además de las causas no asignables, aparece una o varias causas asignables, se dice que el proceso está fuera de control estadístico.

5.3.4 Pasos a seguir para realizar un control estadístico de proceso

Éstos son los pasos que pueden ser tomados en cuenta para realizar un CEP:

- a. Preparación
 - Seleccionar la variable o atributo que será medido;
 - Determinar la base y tamaño de la muestra.
- b. Recopilación de datos
 - Registrar datos;
 - Calcular los valores estadísticos relevantes, promedios, rangos, proporciones, desviación estándar;
 - Graficar las variables estadísticas.
- c. Establecimiento de los límites de control de prueba
 - Trazar la línea central;
 - Calcular los límites de control superior e inferior.
- d. Análisis e interpretación
 - Investigar la gráfica para detectar la pauta de control;
 - Eliminar los puntos que están fuera de control;
 - Volver a calcular los límites de control.
- e. Uso como herramienta para solucionar problemas
 - Continuar con la recopilación de datos y su trazo en la gráfica;
 - Identificar las situaciones fuera de control y emprender actitudes correctivas.
- f. Determinación de la capacidad del proceso con los datos de la gráfica de control.

5.3.5 Intervalo de confianza e índice de capacidad del proceso

El intervalo de confianza es un conjunto de valores que con considerados como admisibles o aceptables. Éste suele ser definido por el cliente o en ocasiones por el diseñador del producto.

Intervalo de confianza = (LEI, LES)

Donde:

LEI = Límite de especificación inferior

LES = Límite de especificación superior

Cuando la media de la producción se encuentra centrada en medio del intervalo de confianza, el índice de capacidad del proceso muestra la adecuación de la fabricación de productos. La capacidad del proceso es la medida de la uniformidad del producto resultante de un proceso que está en un estado de control estadístico.

El Índice de la capacidad del proceso se calcula de la siguiente manera:

$$CP = \frac{LES - LEI}{6 * \sigma}$$

Donde:

LES = Límite de especificación superior

LEI = Límite de especificación inferior

σ = Desviación estándar del proceso

A continuación se presentan algunos valores del índice de la capacidad del proceso y su interpretación (ver tabla LXXXIII).

Tabla LXXXIII. **Clasificación del tipo de proceso según el índice de capacidad de producción**

CP	CLASE DEL PROCESO	DECISIÓN
CP \geq 2	Clase Mundial	Se tiene Calidad 6 Sigma
CP \geq 1.33	1	Adecuado
1 < CP < 1.33	2	Parcialmente Adecuado CP se aproxima a uno. Se generan más defectos
0.67 < CP < 1	3	No Adecuado Análisis del proceso necesario. Requiere modificaciones serias
CP < 0.67	4	Totalmente Inadecuado. Detener proceso inmediatamente, Modificaciones serias

Fuente: elaboración propia

5.3.6 Caso práctico

El voltaje de salida de una fuente de poder sigue una distribución normal con una media de 12 V y $S = 0.05$ V. Si la especificación superior e inferior del voltaje son 11.90 V y 12.10 V respectivamente, cuál es la probabilidad de que una fuente seleccionada al azar cumpla con las especificaciones del voltaje y además se requiere calcular el índice de la capacidad del proceso.

Solución

Primero vamos a establecer los datos con los que contamos:

$$\begin{aligned}\mu &= 12 \text{ V} & LEI &= 11.90 \text{ V} \\ \sigma &= 0.05 \text{ V} & LES &= 12.10 \text{ V}\end{aligned}$$

Ya teniendo estos datos, procederemos a determinar si las fuentes de voltaje cumplen con las especificaciones del fabricante, para ello vamos a utilizar la tabla normal de Z para calcular la probabilidad de la siguiente manera:

$$P(11.90 \leq X \leq 12.10) = \left[\frac{LES - \mu}{\sigma} \right] - \left[\frac{LEI - \mu}{\sigma} \right]$$

$$P(11.90 \leq X \leq 12.10) = \left[\frac{11.90 - 12}{0.05} \right] - \left[\frac{12.10 - 12}{0.05} \right]$$

Con ello obtenemos los valores de $Z_1 = -2$ y $Z_2 = 2$, ahora buscamos estos valores de probabilidad en la tabla de Z, quedando de la siguiente manera:

$$P(11.90 \leq X \leq 12.10) = 0.9773 - 0.0228 = 0.9545$$

Entonces, la probabilidad de que una fuente seleccionada al azar cumpla con las especificaciones del fabricante es de 95.45%. Ahora bien, necesitamos calcular la capacidad del proceso así:

$$CP = \frac{LES - LEI}{6 * \sigma} = \frac{12.10 - 11.90}{6 * 0.05} \cong 0.6667$$

Es decir, que el índice de la capacidad del proceso es de 66.67 %.

5.4 Práctica No. 4 Control estadístico del proceso, gráficas por variables

5.4.1 Características generales

Los gráficos de control por variables son aquellos que están basados en la observación de la variación de características medibles de un producto o bien, un servicio. Para este tipo de gráficas, una variable representa aquello que puede medirse cuantitativamente, por ejemplo: la temperatura, peso, longitud, etc. Este tipo de gráficas tiene dos clasificaciones, las gráficas X-R y las gráficas X-S; las cuales detallaremos más adelante.

5.4.2 Gráficos X-R

Las gráficas de control X y R se utilizan ampliamente para monitorear la media y la variabilidad. El control del promedio del proceso, o nivel de calidad medio, suele representarse con la gráfica de control para medias o gráfica X. la variabilidad de un proceso puede monitorearse por medio de una gráfica de control para el rango, llamada gráfica R. Usualmente, se llevan gráficas X y R separadas para cada característica de la calidad que se esté estudiando. Las gráficas X y R se encuentran entre las técnicas estadísticas de monitoreo más importantes y útiles.

El límite de control superior (LCS) y el límite de control inferior (LCI) para la gráfica X se obtienen de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{X} + A_2\bar{R} \qquad LCI = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

Donde:

\bar{X} = Media de las medias muestrales

\bar{R} = Media de las aptitudes muestrales

A_2 = Factor para gráficas de control (depende del tamaño de la muestra)

El gráfico de rangos está diseñado para determinar si la amplitud total de la medición se encuentra dentro o fuera de control. El límite superior de control (LCS) y el límite de control inferior (LCI) se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$LCS = D_4\bar{R}$$

$$LCI = D_3\bar{R}$$

Donde:

\bar{R} = Media de las aptitudes muestrales

D_3 y D_4 = Factores que dependen del tamaño de la muestra

5.4.3 Caso práctico

Los anillos para pistones de un motor de automóvil se pueden medir mediante el proceso de fundición; se desea establecer el control estadístico para la media del diámetro interior de los anillos fabricados con este proceso utilizando las cartas X-R; se tomaron 25 muestras al azar, cada una de ellas de tamaño 5, obteniendo la siguiente tabla (ver tabla LXXXIV).

Tabla LXXXIV. **Diámetros internos medidos de una muestra al azar de un lote de 25 pistones, caso práctico 5.4.3**

Muestra	Diámetro (en mm)				
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008
2	73.995	73.992	74.001	74.011	74.004
3	73.998	74.024	74.021	74.005	74.002
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014

Fuente: elaboración propia

Se desea determinar si el proceso se encuentra bajo control.

Solución

Primero vamos a proceder a calcular las medias y rangos para cada una de las muestras:

$$\bar{X}_1 = \frac{74.030 + 74.002 + 74.019 + 73.992 + 74.008}{5} = 74.0102$$

El rango consiste en restar el valor más alto y el más bajo de la muestra, quedando así:

$$\bar{R} = 74.030 - 73.992 = 0.038$$

Y así sucesivamente para cada una de las muestras, con ello obtenemos la siguiente tabla (ver tabla LXXXV).

Tabla LXXXV. **Diámetros internos y rangos medidos de una muestra aleatoria de 25 pistones, caso práctico 5.4.3**

Muestra	X	R
1	74.0102	0.038
2	74.0006	0.019
3	74.0100	0.036
4	74.0030	0.022
5	74.0034	0.026
Sumas	370.0272	0.141

Fuente: elaboración propia

Ya teniendo estos valores procederemos a continuación a calcular la media y el rango muestral:

$$\bar{X} = \frac{370.0272}{5} = 74.005$$

$$\bar{R} = \frac{0.141}{5} = 0.0282$$

Ahora bien, ya obtenidos estos valores procedemos a encontrar los límites de control, para ello necesitamos los valores de A_2 , D_3 y D_4 . De factores de las tablas para gráficas de control sabemos que los valores son (el tamaño de la muestra es de 5).

$$A_2 = 0.577$$

$$D_3 = 0$$

$$D_4 = 2.115$$

Calculando los límites de control para X:

$$LCS = \bar{X} + A_2\bar{R} = 74.005 + (0.577)(0.0282) = 74.021$$

$$LCC = \bar{X} = 74.005$$

$$LCI = \bar{X} - A_2\bar{R} = 74.005 - (0.577)(0.0282) = 73.989$$

Calculando los límites de control para R:

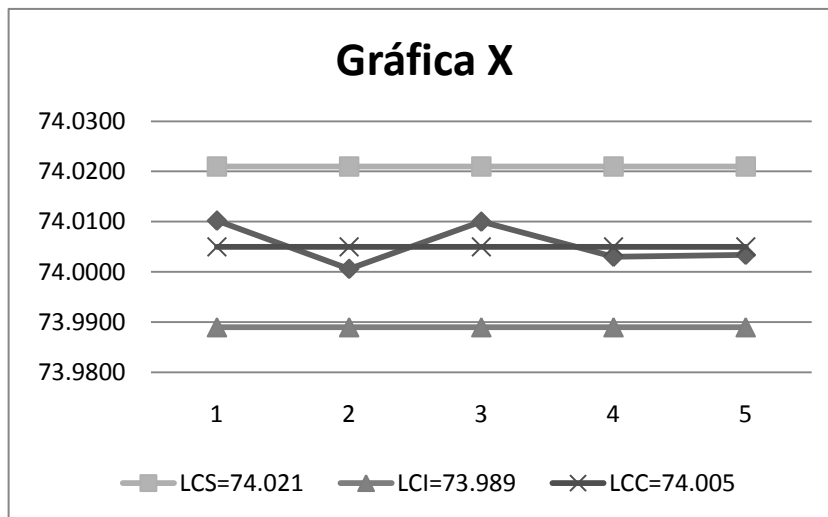
$$LCS = D_4\bar{R} = 2.115 * 0.0282 = 0.059$$

$$LCC = \bar{R} = 0.0282$$

$$LCI = D_3\bar{R} = 0 * 0.0282 = 0$$

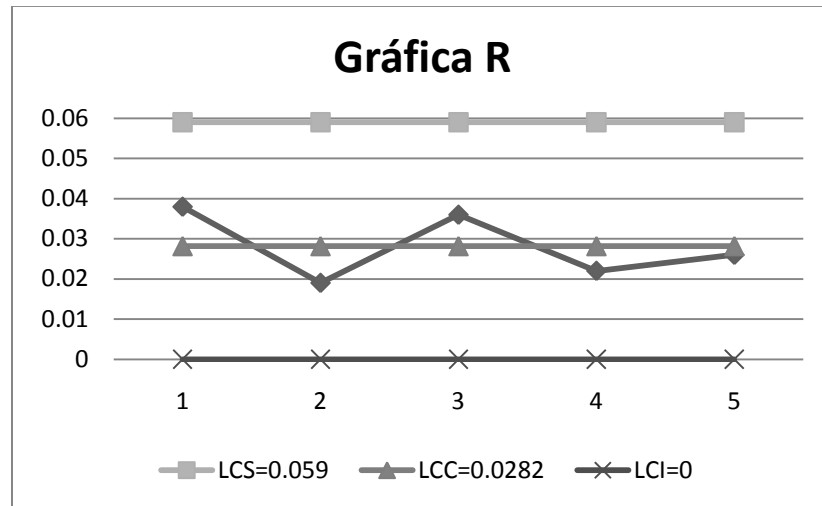
Los límites de control para las gráficas X y R se muestran en las figuras 39 y 40.

Figura 39. Límites de control superior, central e inferior para el diámetro interno de una muestra de 25 pistones, caso práctico 5.4.3



Fuente: elaboración propia

Figura 40. Límites de control superior, central e inferior para el rango de medias del diámetro interno de un lote de 25 pistones, caso práctico 5.4.3



Fuente: elaboración propia

Podemos decir entonces que todas las medias se encuentran dentro de sus límites de control ($73.989 < X < 74.021$); así como también todos los rangos se encuentran dentro de sus límites de control ($0 < R < 0.059$), por lo tanto podemos concluir que el proceso se encuentra bajo control.

5.4.4 Gráficos X-S

Los gráficos de control de medias X y desviación estándar S , se constituyen de forma similar a los gráficos de medias X y rangos R ; solamente que ahora calcularemos la media y la desviación estándar de la muestra.

Generalmente es preferible trabajar con los gráficos de control $X-S$, que con los gráficos $X-R$, esto debido fundamentalmente a las mejores propiedades estadísticas que presenta la desviación estándar en comparación a las del

rango. Si tenemos el tamaño de cada subgrupo cuyo tamaño es n , la desviación estándar de cada muestra se calcula de la forma usual:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Luego, las formulas a emplear para el gráfico S son las siguientes:

$$LCS = \bar{S}B_4$$

$$LCC = \bar{S}$$

$$LCS = \bar{S}B_3$$

Ahora bien, las ecuaciones a utilizar para el gráfico X son:

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$$

$$LCC = \bar{\bar{X}}$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$$

Las constantes B_3 , B_4 y A_3 para construir los gráficos de control X-S se encuentran en la Tabla de Factores para Gráficas de Control.

5.4.5 Caso práctico

En una empresa que se dedica a la elaboración de agroquímicos, una característica importante de su producto es el peso de los costales de fertilizantes, el cual, para cierto producto, debe ser de 50 kg. Además, el cliente ve muy mal que los costales pesen mucho menos de 50 kg, por lo que se establece como especificación o tolerancia inferior 49 kg y como protección la empresa se establece una especificación superior de 51 kg y si cae entre 49 y

51 se considerará aún tolerable. Los datos recabados de un muestreo que se llevo a cabo arrojaron los siguientes resultados:

Tabla LXXXVI. **Medias y desviaciones estándar muestrales de lote de 40 sacos de fertilizantes examinados, caso práctico 5.4.5**

Muestra	Peso de Costales (Kg)				\bar{X}	\bar{S}
1	50.2	49.9	49	50.1	49.80	0.5477
2	50.3	50.2	50	49.3	49.95	0.4509
3	49.8	50	50	49.7	49.88	0.1500
4	50	49.4	50.1	50.5	50.00	0.4546
5	50.2	49.8	49.1	49.9	49.75	0.4655
6	49.2	50.7	49.1	49.8	49.70	0.7348
7	49.6	49.9	49.5	49.9	49.73	0.2062
8	50.2	49.8	49.5	50.6	50.03	0.4787
9	50.1	49.3	49	49.3	49.43	0.4717
10	50.8	49.6	49.8	50.4	50.15	0.5508
				Suma	498.40	4.5109

Fuente: elaboración propia

Se solicita que se realice un gráfico X-S para verificar si el proceso se encuentra bajo control.

Solución

Primero vamos a calcular el promedio y la desviación estándar de todos los datos, como ya tenemos las sumatorias únicamente es necesario aplicar las fórmulas, entonces tenemos:

$$\bar{X} = \frac{498.4}{10} = 49.84 \text{ kg}$$

$$\bar{s} = \frac{4.5109}{10} = 0.45109 \text{ kg}$$

Como el tamaño de la muestra es de 4, buscamos los valores en tablas para B_3 , B_4 y A_4 , obteniendo lo siguiente:

$$A_3 = 1.628$$

$$B_3 = 0$$

$$B_4 = 2.266$$

Ahora calcularemos los límites para el gráfico X así:

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s} = 49.84 + (1.628)(0.45109) = 50.574 \text{ kg}$$

$$LCC = \bar{\bar{X}} = 49.84 \text{ kg}$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s} = 49.84 - (1.628)(0.45109) = 49.106 \text{ kg}$$

Igualmente, procedemos a calcular los límites para el gráfico S:

$$LCS = \bar{s}B_4 = (0.45109)(2.266) = 1.0222 \text{ kg}$$

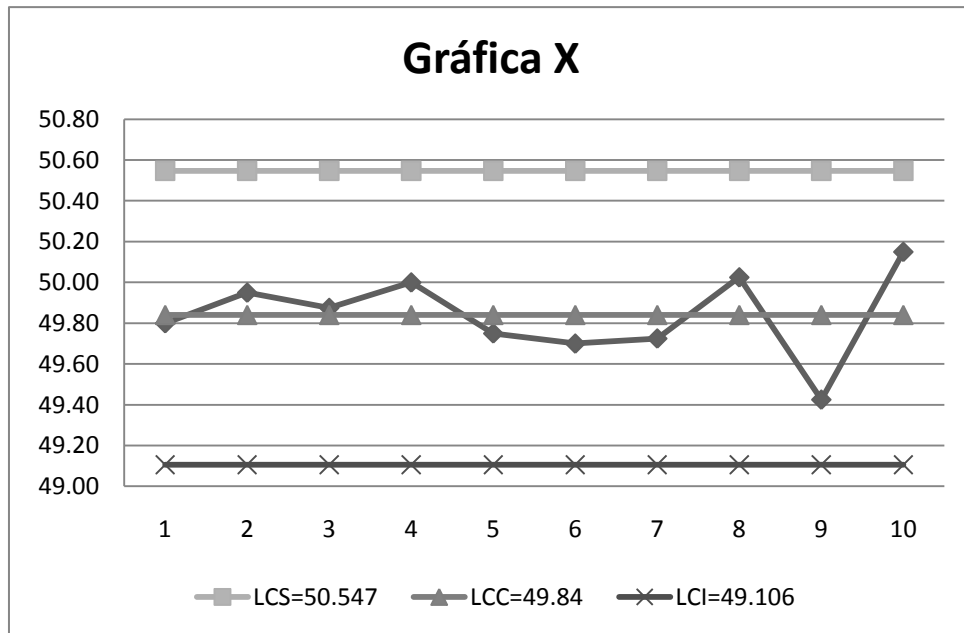
$$LCC = \bar{s} = 0.45109 \text{ kg}$$

$$LCI = \bar{s}B_3 = (0.45109)(0) = 0 \text{ kg}$$

De acuerdo a los límites calculados para ambas gráficas, vemos que se ajustan y no se encuentran fuera de los rangos estimados.

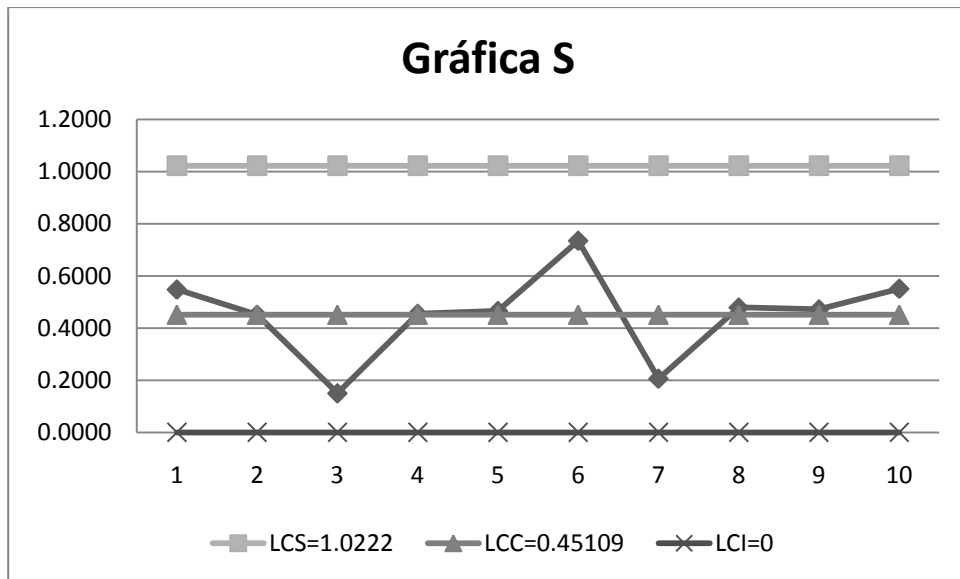
Cuando un valor de la tabla se encuentre fuera de los límites calculados, éste debe ser eliminado para volver a calcular los límites. Otro punto importante, es que, cuando el límite inferior sea negativo (-), se debe tomar como cero (0). Las gráficas nos quedan de la siguiente manera (ver figuras 41 y 42).

Figura 41. Límites de control superior, central e inferior para la media muestral del peso de sacos de fertilizante, caso práctico 5.4.5



Fuente: elaboración propia

Figura 42. Límites de control superior, central e inferior para la desviación estándar del peso de una muestra de 40 sacos de fertilizante, caso práctico 5.4.5



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos y a las gráficas realizadas, podemos concluir que el proceso de llenado de los sacos se encuentra bajo control.

5.5 Práctica No. 5 Control estadístico del proceso, gráficos por atributos

5.5.1 Generalidades

El término “atributo” aplicado al control de calidad puede referirse a todas aquellas características que cumplen o no con determinadas especificaciones. Existen dos tipos de atributos:

- a. Aquellos cuando no es posible realizar mediciones, por ejemplo cuando se efectúa una inspección visual: olor, partes faltantes, rayaduras, etc.
- b. Aquellos casos cuando si es posible hacer mediciones, pero no se realizan debido al tiempo o costos implicados. Por ejemplo, si bien es posible medir el diámetro de un orificio usando un micrómetro de interior, es más práctico usar un patrón que directamente indique si cumple o no con la especificación respectiva.

Para hacer referencia a un atributo que no cumple con las especificaciones, se emplean distintos términos. La *no conformidad* indica que la característica que define la calidad se aleja del nivel o condición deseable como para que el producto o servicio en cuestión no satisfaga un requisito demandado en la especificación.

La definición de defecto es muy similar a la anterior, excepto que tiene que ver con el cumplir con condiciones deseables de uso o incluso condiciones razonables de uso previsibles. Se utiliza el término defecto cuando la evaluación que se realizará está en función del uso; el término de no conformidad se emplea cuando se refiere al incumplimiento de especificaciones.

El término “unidad no conforme” sirve para designar a aquella unidad de producto o servicio en el que está presente por lo menos un elemento no conforme. El término “defectuoso” es análogo al término defecto y se usa cuando una unidad de producto o servicio se evalúan en función del uso, no por su cumplimiento de las especificaciones.

5.5.2 Tipos de gráficas por atributos

Existen dos grupos de gráficas de control por atributos: uno de ellos es para las unidades no conformes. Se basa en la distribución binomial. Una gráfica de proporción, p , la cual muestra la proporción de no conformidad de una muestra o de un subgrupo. La proporción se expresa como una fracción o como un porcentaje. De igual forma, se pueden construir gráficas para la proporción de conformidad, que también se expresan como una fracción o un porcentaje. Otro tipo de gráfica para este grupo es la de la cantidad de no conformidades, o gráfica np , y en la que también se representa la cantidad de no conformidad.

Otro grupo de gráficas es la de no conformidades, se basa en la distribución de Poisson. En una gráfica c se muestra el número de no conformidades presentes en determinada unidad que se inspecciona, por ejemplo, en un automóvil, en un trozo de tela o un rollo de papel. Además otro tipo de gráfica estrechamente relacionada es la gráfica u , que sirve para el número de no conformidades por unidad.

5.5.3 Gráfico P

La gráfica p se utiliza en aquellos casos cuando los datos están formados por la fracción resultante de dividir el número de veces que ocurre un suceso entre el número total de acontecimientos. Se emplea en el control de calidad para dar cuenta de la fracción de no conformidad presente en un producto, en una característica de la calidad o en un grupo de características de la calidad. De acuerdo con lo anterior, la *fracción* de no conformidad es la proporción obtenida de dividir la cantidad de no conformidades de una muestra

o subgrupo entre la cantidad total que forma la muestra al subgrupo. La fórmula correspondiente es:

$$p = \frac{np}{n}$$

Donde:

p = proporción o fracción de no conformidad de la muestra o del subgrupo

n = cantidad de elementos de la muestra o el subgrupo

np = cantidad de elementos no conformes de la muestra o del subgrupo

También, para calcular la línea central y los límites de control se emplean las siguientes fórmulas:

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Donde:

n = tamaño del lote inspeccionado

\bar{p} = proporción promedio de no conformidad

Cuando se calculan los límites de control y evaluamos el proceso podemos llegar a encontrar puntos que estén fuera de control, es decir, que estén fuera de nuestros límites calculados; cuando esto sucede, es necesario recalcular la proporción promedio de no conformidad, así como los límites

inferior y superior, para ello se necesita eliminar el punto que esta fuera de control y emplear la siguiente fórmula:

$$P_{nuevo} = \frac{\sum np - n_{pd}}{\sum n - n_d}$$

Donde:

n_{pd} = cantidad de no conformidad en los subgrupos descartados

n_d = cantidad de inspecciones en los grupos descartados

5.5.4 Caso práctico

Se realizó una inspección del motor de una secadora eléctrica de pelo, para lo cual se obtuvieron los siguientes datos (ver tabla LXXXVII).

Tabla LXXXVII. **Cantidad de no conformidades encontradas en 10 lotes de 200 motores inspeccionados, caso práctico 5.4.4**

No. Del Subgrupo	Cantidad Inspeccionada	Cantidad de no conformidad (np)	Proporción de no conformidad (p)
1	200	12	0.06
2	200	10	0.05
3	200	12	0.06
4	200	15	0.075
5	200	25	0.125
6	200	20	0.1
7	200	33	0.165
8	200	12	0.06
9	200	11	0.055
10	200	12	0.06

Fuente: elaboración propia

Se solicita entonces que se realice un análisis para establecer si el proceso se encuentra bajo control. Se sabe también que el día 7 inicio labores el Sr. José León. Tomar las consideraciones pertinentes.

Solución

Ya teniendo la columna de la proporción de no conformidades, procederemos a calcular la proporción promedio de no conformidad así:

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{162}{2000} = 0.081$$

Ahora bien, ya teniendo este dato calcularemos ahora los límites de control como sigue:

$$LCS = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}} = 0.081 + 3 \sqrt{\frac{0.081(1 - 0.081)}{200}} = 0.139$$

$$LCI = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}} = 0.081 - 3 \sqrt{\frac{0.081(1 - 0.081)}{200}} = 0.023$$

Si observamos con cuidado la tabla de datos iniciales, vemos que la el subgrupo 7 se encuentra fuera de control, por lo que debemos eliminarlo y recalculamos nuestros límites de control, entonces tenemos:

$$P_{nuevo} = \frac{\sum np - n_{pd}}{\sum n - n_d} = \frac{162 - 33}{2000 - 200} = 0.072$$

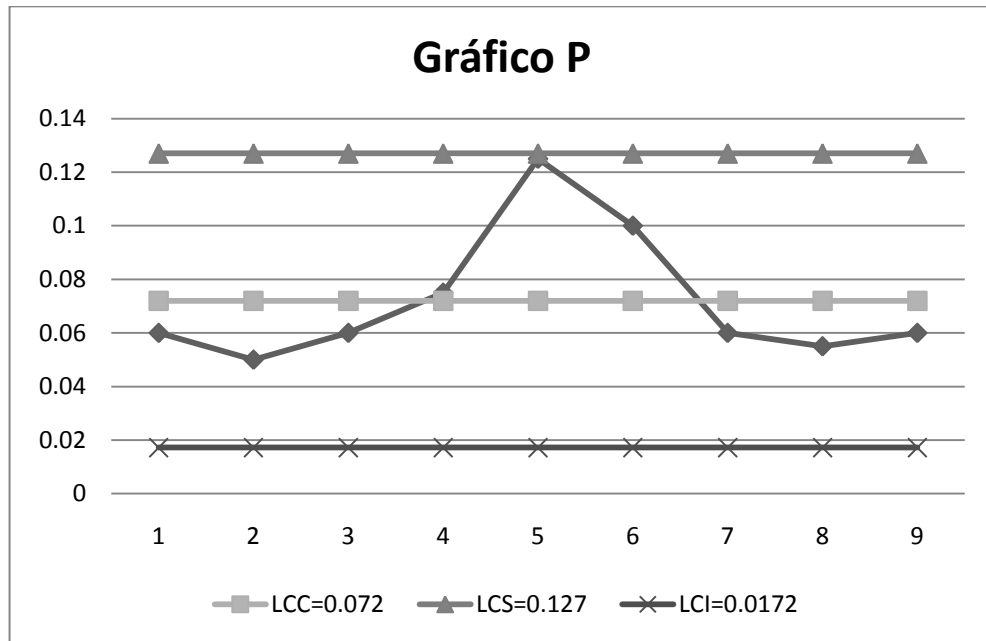
Entonces, ahora nuestros nuevos límites quedarán así:

$$LCS = 0.072 + 3 \sqrt{\frac{0.072(1 - 0.072)}{200}} = 0.127$$

$$LCI = 0.072 - 3 \sqrt{\frac{0.072(1 - 0.072)}{200}} = 0.0172$$

La gráfica que nos representa los límites de control se puede apreciar en la figura 43.

Figura 43. Límites de control superior, central e inferior para la proporción de no conformidades encontradas en 10 lotes de 200 motores de secadora, caso práctico 5.4.4



Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, tenemos una justificación para el punto que se encontraba fuera de control, ya que había ingresado un nuevo operario a laborar, por lo que con esta gráfica podemos decir que el proceso se encuentra bajo control.

5.5.5 Gráfico nP

La gráfica de la cantidad de no conformidades (gráfica np) es casi la misma que la gráfica p ; sin embargo no se emplean para lo mismo. Para el personal de operación, resulta más fácil comprender la gráfica np que la gráfica p . Por otro lado, los resultados de una inspección se pueden poner directamente en la gráfica sin necesidad de hacer ningún cálculo.

Si existe la posibilidad de que varíe el tamaño del subgrupo, la línea central y los límites de control variarán, con lo cual la gráfica obtenida prácticamente carecerá de significado. Por lo tanto, una de las limitaciones de la grafica np consiste en el requisito de que el tamaño del subgrupo sea constante. Deberá indicarse el tamaño de la muestra para que quienes la observan tengan un punto de referencia.

Dado que la gráfica de no conformidades equivale matemáticamente a la gráfica de proporción de no conformidad, la línea central y los límites de control se modifican mediante un factor n . Las fórmulas correspondientes son:

$$\text{Línea Central} = n\bar{P}$$

$$\text{Límites de Control} = n\bar{P} \pm 3\sqrt{n\bar{P}(1 - \bar{P})}$$

$$\bar{P} = \frac{\sum \text{unidades no conformes}}{n * m}$$

Donde:

\bar{P} = número de no conformidades

n = número de lotes

m = número de muestras

5.5.6 Caso práctico

Un proceso que produce piezas forjadas de titanio para discos de turbo cargadores de autos va a controlarse mediante un gráfico de control. Se toman muestras de tamaño 150, cada día durante 15 días y se observan los resultados que se muestran a continuación (ver tabla LXXXVIII).

Tabla LXXXVIII. **Unidades no conformes encontradas en una inspección realizada a piezas de titanio para la fabricación de turbo cargadores, caso práctico 5.4.6**

Día	Unidades no conformes	n
1	3	150
2	2	150
3	4	150
4	2	150
5	5	150
6	2	150
7	1	150
8	2	150
9	0	150
10	5	150
11	2	150
12	4	150
13	1	150
14	3	150
15	6	150

Fuente: elaboración propia

Se solicita entonces que se realice la gráfica de control np para determinar si dicho proceso se encuentra o no bajo control.

Solución

Con los datos de la tabla, vamos primero a calcular la cantidad de no conformidades para luego calcular los límites de control, entonces:

$$\bar{p} = \frac{\sum \text{unidades no conformes}}{n * m} = \frac{42}{150 * 15} = 0.0187 \approx 0.019$$

Línea Central

$$n\bar{p} = 150 * 0.019 = 2.85$$

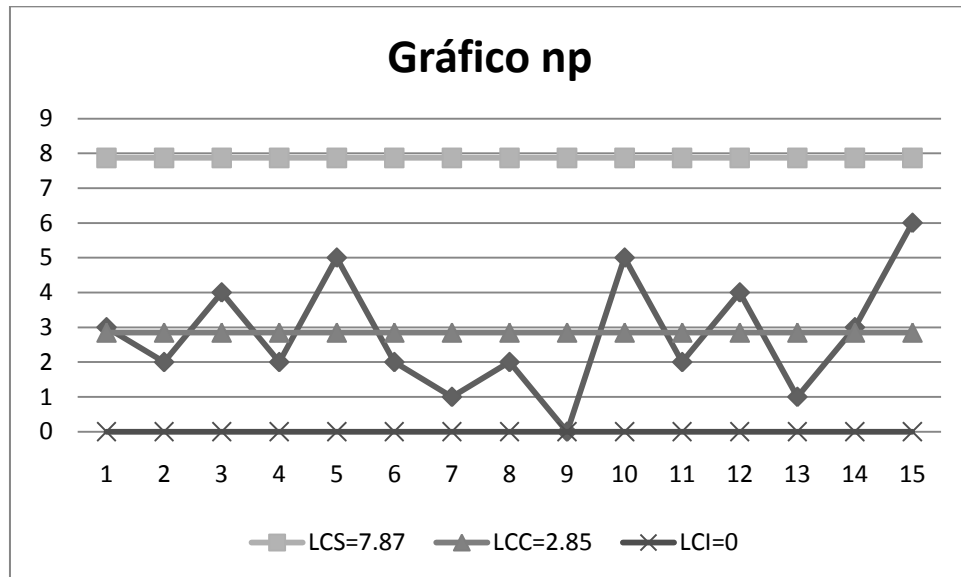
Límites de Control

$$LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} = 2.85 + 3\sqrt{2.85(1 - 2.85)} = 7.87$$

$$LCI = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} = 2.85 - 3\sqrt{2.85(1 - 2.85)} = -2.16 \approx 0$$

Ahora ya teniendo los límites de control, procedemos a graficar (ver figura 44).

Figura 44. Límites de control superior, central e inferior para el número de unidades no conformes encontradas en lotes de 200 piezas de titanio para la fabricación de turbo cargadores, caso práctico 5.4.6



Fuente: elaboración propia

De acuerdo al análisis realizado por medio de la gráfica np, podemos concluir que el proceso de fabricación de turbo cargadores se encuentra bajo control.

5.5.7 Gráfico C

Los gráficos *c* se emplean para controlar el número de defectos que existe en una muestra de un producto o unidad de inspección. Entonces, para controlar este proceso, un inspector se coloca al final de la línea de producción y durante cierto tiempo retira una unidad para inspeccionarla, la verifica y anota el número total de defectos.

De acuerdo a la distribución de Poisson, si denominamos c al parámetro de la función de distribución, el promedio de la población es c y la varianza también es c .

Entonces, las fórmulas correspondientes para el gráfico c son las siguientes:

Línea Central

$$\bar{c} = \frac{\sum c}{g}$$

Límites de Control

$$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$$

Donde:

C = número de defectos en una unidad

\bar{c} = cantidad promedio de defectos en una unidad

g = # total de unidades inspeccionadas

5.5.8 Caso práctico

En una fábrica de motocicletas se desea realizar un análisis para verificar si el proceso de fabricación de dichas motos se encuentra bajo control; se realizó un sondeo de ocho unidades terminadas y se obtuvieron las siguientes no conformidades por concepto de imperfecciones (ver tabla LXXXIX).

Tabla LXXXIX. **Cantidad de no conformidades encontradas en 8 motocicletas inspeccionadas, caso práctico 5.4.8**

Tipo de no conformidad								
Rayones	2	2	1		2	2	2	1
Burbujas de pintura		3		2	3	15	12	
Abolladuras	5		1				3	
Corte en laminado				1				
Abrasiones x soldadura			1					
Total	7	5	3	3	5	17	17	1
# Serie Moto	42	43	44	45	46	47	48	49

Fuente: elaboración propia

Resumiendo los datos anteriores tenemos:

Tabla XC. **Conteo de no conformidades y justificaciones halladas en 8 motocicletas inspeccionadas, caso práctico 5.4.8.**

# Serie	Conteo de no conformidades (c)	Observación
42	7	
43	5	
44	3	
45	3	
46	5	
47	17	Soplete falló
48	17	
49	1	

Fuente: elaboración propia

Solución

Vamos a calcular primero el promedio de las no conformidades presentes por unidad así:

$$\bar{C} = \frac{\sum c}{g} = \frac{58}{8} = 7.25$$

Los límites de control nos quedan de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} = 7.25 + 3\sqrt{7.25} = 15.328$$

$$LCI = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} = 7.25 - 3\sqrt{7.25} = -0.828 \approx 0$$

Podemos notar que la unidad # 47 se encuentra fuera de control justificadamente, por lo tanto vamos a recalculer nuestros límites de control.

$$C_{nuevo} = \frac{\sum C - C_d}{g - g_d} = \frac{58 - 17}{8 - 1} = 5.86$$

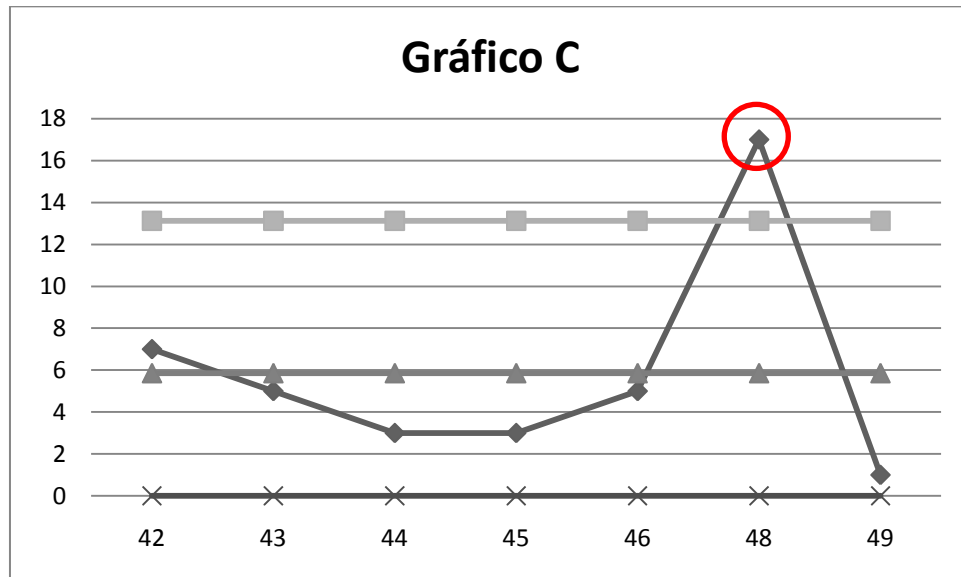
Los nuevos límites de control quedan:

$$LCS = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} = 5.86 + 3\sqrt{5.86} = 13.122$$

$$LCI = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} = 5.86 - 3\sqrt{5.86} = -1.402 \approx 0$$

Procedemos entonces a graficar los límites de control (ver figura 45).

Figura 45. Límites de control superior, central e inferior para el número de no conformidades por unidad encontradas en ocho motocicletas inspeccionadas, caso práctico 5.4.8



Fuente: elaboración propia

Podemos notar que la unidad #48 se encuentra fuera de control, ya que esta unidad no tiene ninguna declaración o justificación para que la inspección fallara, es necesario revisar el proceso para tomar medidas preventivas para incurrir en futuras imperfecciones dentro de la fabricación de nuevas unidades.

5.5.9 Gráfico U

La gráfica *u* mide el número de no conformidades por unidad, se utiliza cuando el tamaño del subgrupo es variable. También puede emplearse cuando el tamaño del subgrupo es constante.

La gráfica u equivale matemáticamente a la gráfica c . Se obtiene de la misma forma: se recopilan los datos de los subgrupos, se calcula la línea central y los límites de control. Las fórmulas que se emplean para este procedimiento son las siguientes:

$$u = \frac{c}{n}$$

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n}$$

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Donde:

c = número de no conformidades de un subgrupo

n = número de unidades inspeccionadas de un subgrupo

u = número de no conformidades/unidad de un subgrupo

\bar{u} = número promedio de no conformidad/unidad correspondiente a muchos subgrupos

5.5.10 Caso práctico

En un proceso específico de fabricación de un producto se produce por lotes y estos se prueban al 100%, llevando un registro de proporción de artículos defectuosos; los datos de los últimos 25 lotes se muestran a continuación (ver tabla XCI). Se solicita entonces que se realice un estudio por medio del gráfico u para determinar si el proceso se encuentra o no bajo control.

Tabla XCI. **Número de no conformidades/unidad encontradas en 25 lotes inspeccionados, caso práctico 5.4.10**

No	Tamaño (n)	Defectos (c)	u
1	21	300	14.29
2	20	200	10.00
3	27	200	7.41
4	33	200	6.06
5	22	200	9.09
6	20	200	10.00
7	27	180	6.67
8	23	180	7.83
9	20	180	9.00
10	26	200	7.69
11	28	200	7.14
12	22	200	9.09
13	23	200	8.70
14	21	200	9.52
15	25	200	8.00
16	29	200	6.90
17	20	200	10.00
18	28	220	7.86
19	18	220	12.22
20	24	220	9.17
21	13	200	15.38
22	23	200	8.70
23	12	200	16.67
24	19	200	10.53
25	26	200	7.69

Fuente: elaboración propia

Solución

La columna de “u” se obtiene a partir de la división de los defectos (c) dentro del tamaño del lote (n); ya teniendo esta columna, procedemos a construir nuestros límites de control, para ello necesitamos obtener \bar{u} y \bar{n} , para ello vamos a emplear las siguientes fórmulas:

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{5100}{570} = 8.95 \text{ defectos/unidad}$$

Ahora bien, necesitamos calcular \bar{n} , el cual es el número promedio de lotes examinados, entonces:

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i}{\text{No. de lotes}} = \frac{570}{25} = 22.56 \text{ lotes}$$

Ya teniendo estos datos, procedemos a calcular nuestros límites de control:

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}} = 8.95 + 3 \sqrt{\frac{8.95}{22.56}} = 10.84$$

$$LCS = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}} = 8.95 - 3 \sqrt{\frac{8.95}{22.56}} = 7.06$$

Ya que tenemos nuestros límites de control definidos los comparamos con nuestros datos de la tabla y vemos que existen varios puntos que se encuentran fuera de control, éstos son (1, 5, 8, 16,19, 21 y 23), por lo tanto,

debemos eliminar estos puntos y recalculamos nuestra línea central y límites de control así:

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{3600}{428} = 8.41 \text{ defectos/unidad}$$

$$n = \frac{\sum n_i}{\text{No. de lotes}} = \frac{428}{18} = 23.78 \text{ lotes}$$

Recalculando nuestros límites:

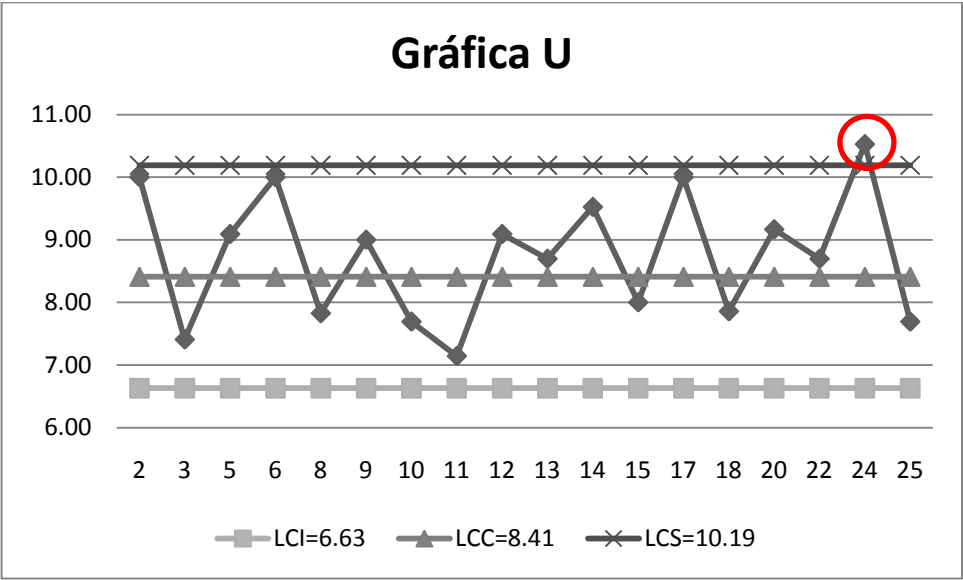
$$LCC = \bar{u} = 8.41$$

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 8.41 + 3 \sqrt{\frac{8.41}{23.78}} = 10.19$$

$$LCI = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 8.41 - 3 \sqrt{\frac{8.41}{23.78}} = 6.63$$

Ya teniendo nuestros nuevos límites, vamos a proceder a realizar la gráfica (ver figura 46).

Figura 46. Límites de control superior, central e inferior para el número de no conformidades por unidad encontradas en 25 lotes inspeccionados, caso práctico 5.4.10



Fuente: elaboración propia

Notamos que aún existe un punto fuera de control (punto 24) a pesar de que se eliminaron varios puntos que no tenían justificación, por lo tanto, podemos concluir que el proceso necesita un reajuste para comprobar qué es lo que está fallando y así realizar acciones correctivas.

5.6 Práctica No. 6 Muestreo de aceptación

5.6.1 Qué es el muestreo de aceptación

El muestreo de aceptación es una manera de evaluar una parte de los productos que conforman un lote con el propósito de aceptar o rechazar el lote completo. Su uso es recomendado cuando el costo de realizar una inspección

es demasiado alto o resulta monótona y pueda causar errores de inspección o cuando se requieran pruebas destructivas.

Básicamente, el plan de muestreo consiste en seleccionar aleatoriamente una parte representativa del lote, inspeccionarla y decidir si éste cumple o no con nuestras especificaciones de calidad, para llegar a esto se deben consultar tablas (Tablas Militar Standard) y fijar niveles de calidad que son aceptables (NCA) para nosotros, nuestros clientes y proveedores.

5.6.2 Nivel de calidad aceptable

El nivel de calidad aceptable o NCA es el máximo porcentaje de no conformidad que puede ser considerado como satisfactorio para el efecto del muestreo de aceptación. Representa un punto de referencia y de ninguna manera indica que cualquier punto de la no conformidad es aceptable. Es únicamente un término estadístico, la única manera de garantizar la aceptación de un lote es teniendo cero por ciento de no conformidad o si la cantidad de no conformidad en el lote es menor o igual al número de aceptación. El NCA tiene por objetivo cumplir o rebasar las especificaciones a fin de que en el lote no haya ninguna unidad no conforme.

5.6.3 Ventajas y desventajas

La ventaja principal que ofrece el muestreo de aceptación es la economía, pero a éste se le suman otras ventajas como un menor daño para el producto ya que hay menos manejo, con ello se minimiza el problema de la monotonía de la inspección y también se reduce el grupo de personas que llevan a cabo la misma, se mejora el proceso de inspección ya que se toman decisiones lote por lote y no pieza por pieza.

También es muy útil en el caso de pruebas que implican la destrucción del producto, se orienta mejor al rechazo de lotes enteros y no de unidades no conformes, dando una mejor motivación para obtener mejoras. Las desventajas que se tienen al emplear este método es que se aumenta el riesgo de rechazar lotes buenos y aceptar lotes malos, además de aportar menos información.

5.6.4 Tipos de muestreo

Existen tres tipos de planes de muestreo: sencillo, doble y múltiple.

- a. En el caso del muestreo sencillo se toma del lote una muestra y de esta dependerá la decisión de aceptar o rechazar el lote completo.
- b. Los planes de muestreo doble son un poco más complicados. En estos se tienen tres alternativas una vez realizado el muestreo, estas son aceptar o rechazar el lote o tomar otra muestra. Si la calidad del lote es buena, se acepta en base a la primer muestra, si es mala se rechaza, solo cuando la calidad es regular, se realiza el muestreo por segunda ocasión. Las variables a considerar en un muestreo doble son estas:

N: Tamaño del lote

n1: Tamaño de la muestra correspondiente a la primer muestra

c1: Número de aceptación en la primer muestra

r1: Cantidad de rechazo en la primer muestra

n2: Tamaño de la muestra correspondiente a la segunda muestra

c2: Número de aceptación en la segunda muestra

r2: Cantidad de rechazo en la segunda muestra

- c. El muestreo múltiple es una extensión de un muestreo doble, solo que en este se definen 3, 4, 5 o cuantos muestreos se requieran. La técnica utilizada es la misma explicada en el caso del muestreo doble.

5.6.5 Niveles de inspección

Además de los planes de inspección sencillos, dobles o múltiples, existen tres tipos de niveles de inspección, estos son el normal, el riguroso y el reducido. Toda inspección inicia como normal y dependiendo del comportamiento del material a inspeccionar, la cantidad a seleccionar aumenta o se reduce. Para esto se consideran los siguientes criterios:

- a) Nivel de inspección normal: toda inspección inicia como normal, esto se mantiene hasta que los siguientes procedimientos de modificación exijan un cambio;
- b) De normal a rigurosa: este cambio de nivel se da cuando 2 de 5 lotes consecutivos han sido rechazados;
- c) De rigurosa a normal: este cambio se da cuando cinco lotes consecutivos se aceptan dentro de la inspección original;
- d) De normal a reducida: este cambio se da cuando un lote resulta rechazado.

5.6.6 Pasos para realizar un muestreo de aceptación

Los pasos necesarios para poner en marcha el muestreo son los siguientes:

- a) Debemos definir el tamaño del lote;
- b) Conocer el nivel de inspección;

- c) Consultar en la tabla y localizar el código correspondiente al tamaño de la muestra;
- d) Consultar en la tabla del nivel de inspección correspondiente (normal, reducido o riguroso) el código correspondiente al tamaño de la muestra la cantidad a inspeccionar y los NCA para los defectos críticos, mayores y menores;
- e) Tomar las muestras aleatoriamente y decidir la aceptación o rechazo del lote.

5.6.7 Caso práctico

Se desea realizar un muestreo de aceptación simple para un lote que posee 2000 unidades con un nivel de aceptación de calidad NAC de 2.5%. Se requiere que se realice un estudio tomando el tipo de inspección como: Normal, Reducida y Rigurosa; para cada uno determine el tamaño de la muestra y los límites de aceptación.

Solución

a. Inspección Normal

Primero vamos a determinar la literal que corresponde al nivel de inspección Normal, este lo vamos a encontrar tomando como parámetro el tamaño del lote para luego buscar en la Tabla I MIL-STD-105D; como el tipo de inspección es Normal, le corresponde el nivel II, entonces tenemos:

Tamaño del lote = 2000 unidades

1201-3200 → Letra K

Ya teniendo esto vamos a la Tabla L Maestra para inspección normal (muestreo simple) y buscamos el valor de 2.5% para interceptarlo con la literal K y así determinar el tamaño de la muestra y los límites de aceptación, con ello tenemos:

n = tamaño de la muestra = 125 unidades

A_C = Número de Aceptación = 7 unidades

R_e = Número de Rechazo = 8 unidades

b. Inspección reducida

Al igual que en el inciso anterior, seguimos los mismos pasos, solo que ahora la literal que corresponde a la inspección reducida es I, entonces buscamos los valores en la Tabla I MIL-STD-105D y obtenemos:

Tamaño del lote = 2000 unidades

1201-3200 → Letra H

Ahora buscamos el valor de 2.5% y la literal H en la Tabla N Maestra para inspección Reducida (muestreo simple), y obtenemos:

n = tamaño de la muestra = 20 unidades

A_C = Número de Aceptación = 1 unidades

R_e = Número de Rechazo = 4 unidades

c. Inspección rigurosa

De la misma manera que para los dos tipos de inspección anteriores, la literal que le corresponde al tipo de inspección Rigurosa es III, entonces buscamos la literal correspondiente en la Tabla I MIL-STD-105D, y tenemos:

Tamaño del lote = 2000 unidades

1201-3200 → Letra L

Ahora buscamos el valor de 2.5% y la literal L en la Tabla M Maestra para inspección Reducida (muestreo Simple), y obtenemos:

n = tamaño de la muestra = 200 unidades

A_C = Número de Aceptación = 8 unidades

R_e = Número de Rechazo = 9 unidades

6. MANUAL DE PRÁCTICAS PARA CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

6.1 Práctica No.1 Pronósticos para familias de demanda estable (primera parte)

6.1.1 Aspectos generales de los pronósticos de producción

Para entender cómo funcionan los pronósticos en la planificación de producción primero definiremos el significado de la palabra “pronóstico”; en sí pronosticar es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros, aplicando este concepto al área de producción, los pronósticos nos permiten realizar una planificación del trabajo que debe realizarse para lograr cubrir una demanda mediante la aplicación de un modelo matemático, empleando datos históricos para así proyectarlos a futuro.

Por lo tanto, la planificación de producción conlleva el manejo de materiales, programación de horas máquina de trabajo, cantidad de operarios, tiempos de entrega entre otros. Entonces, podemos decir que los pronósticos constituyen riesgos pero son fundamentales para hacer la planificación de producción correspondiente.

Existen diferentes métodos para poder calcular los pronósticos, así como también existen diferentes tipos de demanda (Estable, Cíclica, Ascendente-Descendente y Combinada), que para este caso empezaremos por analizar las demandas de tipo Estable, empleando los métodos de: Último período, Promedio Aritmético y Promedio Móvil.

Para comprender de una mejor forma los pronósticos, a continuación definiremos un par de conceptos que serán de utilidad a la hora de realizar los cálculos para pronósticos de cualquier tipo de demanda.

- Pronóstico de evaluación: es aquel que se determina con el fin de compararlo con el valor real correspondiente el cual servirá para evaluar el método con el que se obtuvo el dato, con el fin de tener un mejor parámetro y poder decir qué método es el de más aceptación.
- Pronóstico de riesgo: es aquel valor estimado de venta que se puede tener de un producto. A diferencia del anterior, éste no tiene un valor con qué compararse. Este pronóstico debe calcularse luego de que se ha encontrado el mejor método de evaluación.

Entonces, para realizar un pronóstico de producción, es necesario tomar en cuenta los siguientes pasos:

- a) Análisis primario: este se refiere a graficar en conjunto de datos con el que se cuenta para estimar los pronósticos, con ello se logra identificar a qué tipo de familia pertenecen los datos, ya sea estable, ascendente-descendente, cíclica o combinada.
- b) Análisis secundario: ya identificada una de las familias de curvas como la más representativa de nuestra gráfica, se procede a elegir uno de los modelos matemáticos con los que cuenta dicha familia para aplicarlo con los datos que contamos para así, encontrar los pronósticos para cada uno de los períodos que deseamos conocer. Luego de ello, se realiza el cálculo del error del pronóstico, el cual consiste en restar de las ventas el pronóstico encontrado, este error puede ser positivo o negativo, por lo que

para tener un error acumulado, iremos sumando los absolutos de cada período. El error acumulado encontrado por cada uno de los métodos realizados nos servirá para elegir el mejor método, pues el mejor será el que presente menos error acumulado absoluto.

- c) Pronóstico de riesgo: ya habiendo calculado el análisis secundario, encontramos el mejor método para realizar pronósticos de un período, por lo tanto, éste modelo matemático será el que utilizaremos, ya que sabemos con anterioridad que este modelo será el que menos error de cálculo nos presente.

6.1.2 Descripción de las familias de demanda estable

Este tipo de demanda se identifican por tener una tendencia a una recta horizontal y para hacer una consideración bastante acertada se debe establecer un rango del cual no deben salir las ventas que se tengan en estudio, entonces al hacer esta consideración se debe tomar en cuenta que tipo de producto se está analizando así como también buscar dentro del historial la justificación del porqué se pudo haber salido alguna venta de la trayectoria que éstas traían.

6.1.3 Método del último período

Éste método tiene este nombre debido a que se considera como pronóstico el período anterior al que se va a pronosticar, en otras palabras, el pronóstico tomará el valor del último período de venta a partir de donde se encuentren localizados al momento de pronosticar; de la misma forma se procede para obtener el pronóstico de riesgo.

6.1.4 Método del promedio aritmético

Este método para pronosticar no es otra cosa que realizar la sumatoria de todas las ventas de los períodos anteriores y dividirlos entre el número de períodos que se están considerando; de la misma forma se procede para obtener el pronóstico de riesgo. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\sum_{i=1}^n \frac{Vi}{n} = Pa$$

Donde:

Pa = Promedio Aritmético

n = número de períodos anteriores al calculado

Vi = Ventas del período i

6.1.5 Método del promedio móvil

Este método posee las características particulares del método anterior, la diferencia es que en este método se promedian el mismo número de períodos (repetitivo), sólo que para nuevos pronósticos se va desplazando el valor del período más antiguo y se agrega el más reciente o inmediato, con esto se dice que se está trabajando con un ciclo, el cual está conformado por un número de períodos que el evaluador ha considerado según su criterio. La fórmula a utilizar es similar a la anterior, por lo que solamente se consideran los períodos a utilizar para establecer los límites en la sumatoria.

6.1.6 Caso práctico

Tomando como base los datos de las ventas del último año de la empresa FRANKISS, del producto chicle “BOM-STAR”, calcular los pronósticos

para los siguientes cuatro meses por medio de los métodos de las familias estables (último período, promedio aritmético y promedio móvil). Luego de desarrollados los métodos, establezca cuál es el más adecuado y elabore sus conclusiones y recomendaciones.

Tabla XCII. **Unidades vendidas en los últimos doce meses para la empresa “FRANKISS”, caso práctico 6.1.6**

Período/Mes	Ventas/Unidades
1	1500
2	1600
3	1700
4	1600
5	1400
6	1500
7	1500
8	1500
9	1700
10	1400
11	1600
12	1500

Fuente: elaboración propia

Solución

a) Método del último período

Como lo indica este método, para el pronóstico únicamente tenemos que tomar el valor del período anterior de la siguiente manera (ver tabla XCIII).

Tabla XCIII. **Pronóstico de ventas empleando el método del último período, caso práctico 6.1.6**

Período	Ventas			
1	1500			
2	1600			
3	1700			
4	1600			
5	1400			
6	1500			
7	1500			
8	1500	Pronóstico	Error (V-P)	Error Acumulado
9	1700	1500	200	200
10	1400	1700	-300	500
11	1600	1400	200	700
12	1500	1600	-100	800

Fuente: elaboración propia

b) Método del promedio aritmético

Para este método se realizará el cálculo del promedio de los períodos anteriores al cual se quiere pronosticar de la siguiente manera:

$$P_9 = \sum_{i=1}^8 \frac{Vi}{8} = \frac{12300}{8} = 1537.5 \approx 1538$$

$$P_{10} = \sum_{i=1}^9 \frac{Vi}{9} = \frac{14000}{9} = 1555.55 \approx 1556$$

$$P_{11} = \sum_{i=1}^{10} \frac{Vi}{10} = \frac{15400}{10} = 1540$$

$$P_{12} = \sum_{i=1}^8 \frac{Vi}{8} = \frac{17000}{11} = 1545.45 \approx 1545$$

Por lo tanto, la tabla de pronósticos queda como sigue (ver tabla XCIV).

Tabla XCIV. **Pronóstico de ventas empleando el método del promedio aritmético, caso práctico 6.1.6**

Período	Ventas			
1	1500			
2	1600			
3	1700			
4	1600			
5	1400			
6	1500			
7	1500			
8	1500	Pronóstico	Error (V-P)	Error Acumulado
9	1700	1538	163	163
10	1400	1556	-156	318
11	1600	1540	60	378
12	1500	1545	-45	424

Fuente: elaboración propia

c) Método del promedio móvil

Para el cálculo de los pronósticos utilizaremos 5 períodos como referencia para realizar el promedio de la siguiente manera:

$$P_9 = \sum_{i=4}^8 \frac{Vi}{5} = \frac{7500}{5} = 1500$$

$$P_{10} = \sum_{i=5}^9 \frac{Vi}{5} = \frac{7600}{5} = 1520$$

$$P_{11} = \sum_{i=6}^{10} \frac{Vi}{5} = \frac{7600}{5} = 1520$$

$$P_{12} = \sum_{i=7}^{11} \frac{Vi}{5} = \frac{7700}{5} = 1540$$

La tabla de pronósticos queda de la siguiente forma (ver Tabla XCV).

Tabla XCV. Pronóstico de ventas empleando el método del promedio móvil, caso práctico 6.1.6

Período	Ventas			
1	1500			
2	1600			
3	1700			
4	1600			
5	1400			
6	1500			
7	1500			
8	1500	Pronóstico	Error (V-P)	Error Acumulado
9	1700	1500	200	200
10	1400	1520	-120	320
11	1600	1520	80	400
12	1500	1540	-40	440

Fuente: elaboración propia

De acuerdo al análisis realizado por los métodos anteriores, podemos decir que, el mejor método es el del Promedio Aritmético, ya que este presenta un menor error en los cálculos de los pronósticos que los otros dos, por lo tanto este método es el más adecuado para pronosticar la demanda de la empresa “FRANKISS”.

6.2 Práctica No. 2 Pronósticos para familias de demanda estable (segunda parte)

Como pudimos ver en la práctica anterior, analizamos tres de los cinco métodos para el cálculo de pronósticos de familias de demanda estable como lo son los métodos del último período, promedio aritmético y promedio móvil respectivamente, para complementar estos métodos debemos analizar los métodos del promedio móvil ponderado y el promedio ponderado exponencial.

6.2.1 Método del promedio móvil ponderado

Este método posee las mismas características del método del promedio móvil, con la diferencia de que los periodos considerados dentro del ciclo se ponderan, es decir que se les asigna un valor, los cuales deben ir en forma ascendente, todo esto debido a que los períodos más recientes tienen mayor credibilidad que los más antiguos ya que estos últimos no se consideran tan confiables.

Para aplicar este método es recomendable utilizar varios juegos de ponderación para realizar el análisis, ya que de acuerdo con las asignaciones que se den, así también serán los resultados. Para obtener un nuevo pronóstico, se procede al igual que el método del promedio móvil. Se elimina el

dato más antiguo y se agrega el dato más reciente y las ponderaciones siguen el mismo orden que se tenían para el primer pronóstico de evaluación.

6.2.2 Método del promedio ponderado exponencial

Éste método utiliza un valor de ponderación α el cual oscila entre 0 y 1, y se considera en la siguiente fórmula:

$$P_n = P_{n-1} + \alpha(V_{n-1} - P_{n-1})$$

En donde el significado que posee tal ponderación no es más que se debe considerar del error obtenido del período anterior de evaluación. Esto quiere decir que α o un factor de corrección empleado para obtener el menor error acumulado nos dirá si se trata de causas al azar o al modelo que estamos empleando.

Con lo anterior queremos decir que el valor inicial de asignación de α se debe al modelo, por ejemplo, si empleamos un $\alpha = 0.40$ y con este se obtuvo el menor error acumulado, esto nos indica que el 40% es causa del modelo y el 60% se debe al azar.

6.2.3 Caso práctico

Vamos a tomar el ejemplo de la practica anterior (caso práctico 6.1.6) solo que esta vez emplearemos los métodos que nos hacían falta aplicar, como lo son el método del promedio móvil ponderado y el método ponderado exponencial.

Para ambos casos presentaremos nuestras conclusiones y recomendaciones. Tomamos los datos de la tabla siguiente (ver tabla XCVI).

Tabla XCVI. Unidades vendidas en los últimos doce períodos de la empresa “FRANKISS” tomados del caso práctico 6.1.6

Período/Mes	Ventas/Unidades
1	1500
2	1600
3	1700
4	1600
5	1400
6	1500
7	1500
8	1500
9	1700
10	1400
11	1600
12	1500

Fuente: elaboración propia

Solución

a) Método del promedio móvil ponderado

Para efectos prácticos de este ejemplo utilizaremos cinco períodos para el cálculo de los pronósticos, como se van a emplear cinco períodos, la ponderación quedará de la siguiente manera (ver tabla XCVII), teniendo que sumar en total cinco (5)

Tabla XCVII. **Ponderación asignada a los períodos a utilizar para calcular el pronóstico de ventas mediante el método del promedio móvil ponderado, caso práctico 6.2.3**

DATO	PONDERACIÓN
a	0.25
b	0.50
c	1
d	1.25
e	2
Sumatoria =	5

Fuente: elaboración propia

Entonces, los cálculos para los pronósticos de los siguientes cuatro meses quedan de la siguiente manera:

$$P_9 = \frac{1600 * 0.25 + 1400 * 0.5 + 1500 * 1 + 1500 * 1.25 + 1500 * 2}{5} = 1495$$

$$P_{10} = \frac{1400 * 0.25 + 1500 * 0.5 + 1500 * 1 + 1500 * 1.25 + 1700 * 2}{5} = 1575$$

$$P_{11} = \frac{1500 * 0.25 + 1500 * 0.5 + 1500 * 1 + 1700 * 1.25 + 1400 * 2}{5} = 1510$$

$$P_{12} = \frac{1500 * 0.25 + 1500 * 0.5 + 1700 * 1 + 1400 * 1.25 + 1600 * 2}{5} = 1575$$

Por lo tanto, la tabla de pronósticos queda así (ver tabla XCVIII).

Tabla XCVIII. **Pronóstico de ventas empleando el método del promedio móvil ponderado, caso práctico 6.2.3**

Período	Ventas			
1	1500			
2	1600			
3	1700			
4	1600			
5	1400			
6	1500			
7	1500			
8	1500	Pronóstico	Error (V-P)	Error Acumulado
9	1700	1495	205	205
10	1400	1575	-175	380
11	1600	1510	90	470
12	1500	1575	-75	545

Fuente: elaboración propia

b) Método del promedio ponderado exponencial

Para aplicar este método se debe iniciar por calcular un promedio de arranque que, para el efecto de este ejemplo emplearemos los valores de tres períodos anteriores al que vamos a calcular; para este ejemplo utilizaremos los siguientes valores de alfa (α): 0.01, 0.5 y 0.99; esto con el fin de tener valores cercanos a 0, al punto medio y casi a 1.

Iniciaremos con el cálculo del promedio de arranque, como mencionamos anteriormente, emplearemos los valores de los tres períodos anteriores al que queremos pronosticar, para este caso vamos a emplear

los datos de los meses 7, 8 y 9 respectivamente, entonces, el promedio de arranque queda de la siguiente forma:

$$\text{Promedio de Arranque} = \frac{1500 + 1500 + 1500}{3} = 1500$$

Importante: el cálculo del promedio de arranque queda a criterio de la persona que está haciendo el análisis, para efectos prácticos de este ejemplo solamente empleamos tres valores.

Procederemos a calcular el pronóstico para los siguientes cuatro meses empleando $\alpha = 0.01$, entonces los pronósticos quedan de la siguiente manera:

$$P_9 = 1500 + (0.01) * (0) = 1500$$

En este caso el error es “0” debido a que no se posee el dato del período anterior, es por ello que lo tomamos como “0” (cero).

$$P_{10} = 1500 + (0.01) * (1700 - 1500) = 1502$$

$$P_{11} = 1500 + (0.01) * (1400 - 1502) = 1498.98 \approx 1499$$

$$P_{10} = 1500 + (0.01) * (1600 - 1501) = 1500.99 \approx 1501$$

Entonces la tabla de pronósticos para los últimos cuatro períodos nos queda así (ver tabla XCIX).

Tabla XCIX. **Pronóstico de ventas empleando el método del promedio ponderado exponencial empleando un alfa de 0.01, caso práctico 6.2.3**

Período	Pronóstico	Error	Error Acumulado
9	1500	200	200
10	1502	102	302
11	1499	101	403
12	1501	-1	404

Fuente: elaboración propia

Ahora procederemos a calcular con $\alpha = 0.5$.

$$P_9 = 1500 + (0.5) * (0) = 1500$$

$$P_{10} = 1500 + (0.5) * (200) = 1600$$

$$P_{11} = 1500 + (0.5) * (200) = 1600$$

$$P_{12} = 1500 + (0.5) * (0) = 1500$$

La tabla de pronósticos de los últimos cuatros períodos queda así (ver tabla C).

Tabla C. **Pronóstico de ventas empleando el método del promedio ponderado exponencial con un alfa de 0.5, caso práctico 6.2.3**

Período	Pronóstico	Error	Error Acumulado
9	1500	200	200
10	1600	-200	400
11	1600	0	400
12	1500	0	400

Fuente: elaboración propia

Por último, procederemos al calcular con el valor de $\alpha = 0.99$

$$P_9 = 1500 + (0.99) * (0) = 1500$$

$$P_{10} = 1500 + (0.99) * (200) = 1698$$

$$P_{11} = 1500 + (0.99) * (298) = 1795$$

$$P_9 = 1500 + (0.99) * (195) = 1693$$

La tabla de pronósticos nos queda de la siguiente manera (ver tabla CI).

Tabla CI. Pronóstico de ventas empleando el método del promedio ponderado exponencial con un alfa de 0.99, caso práctico 6.2.3

Período	Pronóstico	Error	Error Acumulado
9	1500	200	200
10	1698	1698	498
11	1795	1795	693
12	1693	1693	886

Fuente: elaboración propia

Como pudimos observar en el análisis anterior, obtuvimos los siguientes valores para el error acumulado: 404, 400 y 886, para los valores de alfa 0.01, 0.5 y 0.99 respectivamente; por lo tanto podemos concluir que el mejor modelo es el método del promedio ponderado exponencial (tomando también el método del promedio móvil ponderado) ya que este presenta un menor error acumulado con un alfa de 0.5, por lo tanto podemos decir que el 50% del error es causado por el modelo y el otro 50% se debe a cuestiones del azar.

6.3 Práctica No. 3 Pronósticos para familias de demanda ascendente-descendente

6.3.1 Descripción de las familias de demanda ascendente-descendente

Este tipo de demanda se caracteriza debido a que sus datos experimentan cambios a través del tiempo. Entonces, este tipo de familias de demanda se diferencia de la familia de demanda estable debido a que no posee linealidad o estabilidad en las ventas, más bien presentan un comportamiento de período a período que es creciente o decreciente.

Para analizar este tipo de demandas lo primero que debe hacerse es realizar la gráfica de los datos para conocer su tendencia, esto como parte del análisis primario. Luego, en el análisis secundario se procede a desarrollar los métodos o modelos que se tienen para este tipo de tendencia, los cuales se listan a continuación:

- a. Método de la Línea Recta
- b. Método Geométrico
- c. Método Semi-logarítmico Exponencial
- d. Método del Logaritmo Inverso
- e. Método Hiperbólico

Para el desarrollo de todos los métodos es aconsejable trabajar en una sola tabla que contenga todas las expresiones matemáticas que se utilizan en las fórmulas.

Al pronosticar el riesgo se indicará la cantidad que se espera vender en el siguiente período, esto depende de los resultados que se obtengan al realizar el análisis secundario y se seleccionará el método que más se apegue a la realidad, es decir, el método que presente menos error acumulado.

6.3.2 Método de la línea recta

Este método, al igual que todos los métodos del este tipo de familias se basan en la regresión lineal, la fórmula básica para este método es la siguiente:

$$Y = A + Bx$$

Donde:

A = valor del eje Y cuando el valor el eje X = 0 (intercepto)

B = la pendiente de la curva

X = período de tiempo del cual se quiere saber sus proyecciones

Y = dato de pronóstico a calcular

Entonces para poder calcular el pronóstico es necesario encontrar los valores de A y B que corresponden a los dos puntos de la recta los cuales están dados por las siguientes fórmulas:

$$A = \frac{\sum y * \sum x^2 - \sum x * \sum xy}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2} \qquad B = \frac{n * \sum xy - \sum x * \sum y}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Donde n es el número de períodos que se poseen para pronosticar. Generalmente, las ecuaciones de los otros métodos son de tipo exponencial, por lo tanto, debemos aplicar leyes de los logaritmos para transformar estas ecuaciones a ecuaciones del tipo lineal.

6.3.3 Método geométrico

Este método consiste en linealizar la fórmula de una ecuación exponencial, la fórmula de la cual se parte es la siguiente:

$$y = AX^B$$

Donde:

$$\ln y = \ln A + B * \ln X$$

Para obtener los valores de A y B se utilizan las fórmulas siguientes:

$$\ln A = \frac{\sum \ln y * \sum (\ln x)^2 - \sum \ln x * (\sum \ln x * \ln y)}{n * \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2}$$

Luego se saca el inverso para obtener A.

$$B = \frac{n * (\sum \ln x * \ln y) - \sum \ln x * \sum \ln y}{n * \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2}$$

Donde n siempre es el número de períodos con los que se cuenta para pronosticar.

6.3.4 Método semilogarítmico exponencial

Para este modelo, partimos de la siguiente ecuación:

$$y = AB^x$$

Para calcular los valores de A y B tenemos las siguientes ecuaciones:

$$\ln A = \frac{\sum \ln y * \sum x^2 - \sum x * \sum x \ln y}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Luego se saca el inverso para obtener A. La fórmula de B es la siguiente:

$$\ln B = \frac{n * (\sum x * \ln y) - \sum x * \sum \ln y}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Luego se calcula el inverso para obtener B. Además, n sigue siendo el número de períodos que se disponen para calcular los pronósticos.

6.3.5 Método del logaritmo inverso

Este método utiliza las siguientes ecuaciones:

$$y = A - \frac{B}{x}$$

$$P = e^y$$

Donde P es el pronóstico que se busca, el cual para su cálculo debemos primero calcular el valor de Y . Para ello, se utilizan las siguientes dos ecuaciones para calcular A y B :

$$A = \frac{\sum \ln y * \sum (1/x)^2 - \sum (1/x) * \sum (1/x * \ln y)}{n * \sum (1/x)^2 - (\sum 1/x)^2}$$

$$B = \frac{n * \sum (1/x * \ln y) - \sum 1/x * \sum \ln y}{n * \sum (1/x)^2 - (\sum 1/x)^2}$$

6.3.6 Método hiperbólico

Para emplear este método se parte de la siguiente ecuación:

$$y = \frac{1}{A} + Bx$$

Para ello, empleamos las siguientes ecuaciones para calcular los valores de A y B :

$$A = \frac{\sum 1/y * \sum x^2 - [\sum x * \sum(x * 1/y)]}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$B = \frac{n * \sum(x * 1/y) - \sum x * \sum 1/y}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

El valor de n sigue siendo el número de períodos que se disponen para calcular los pronósticos.

6.3.7 Caso práctico

La panificadora “Valkiria, S.A.”, le presenta los datos históricos de sus ventas de los últimos treinta meses (ver tabla CII), para que con ellos pueda calcular el pronóstico para el siguiente bimestre del año 2009. Para realizar dicho pronóstico, debe realizar las siguientes actividades:

- a) Trazar la gráfica;
- b) Elaborar la tabla de datos con sus respectivas sumatorias;
- c) Hacer los pronósticos de riesgo para el bimestre número 16 con cada uno de los métodos de las familias de demanda ascendente-descendente utilizando una política de 3 valuaciones. Los datos son los siguientes:

Tabla CII. **Ventas realizadas en los últimos treinta meses por la empresa panificadora “Valkiria, S.A.”, caso práctico 6.3.7**

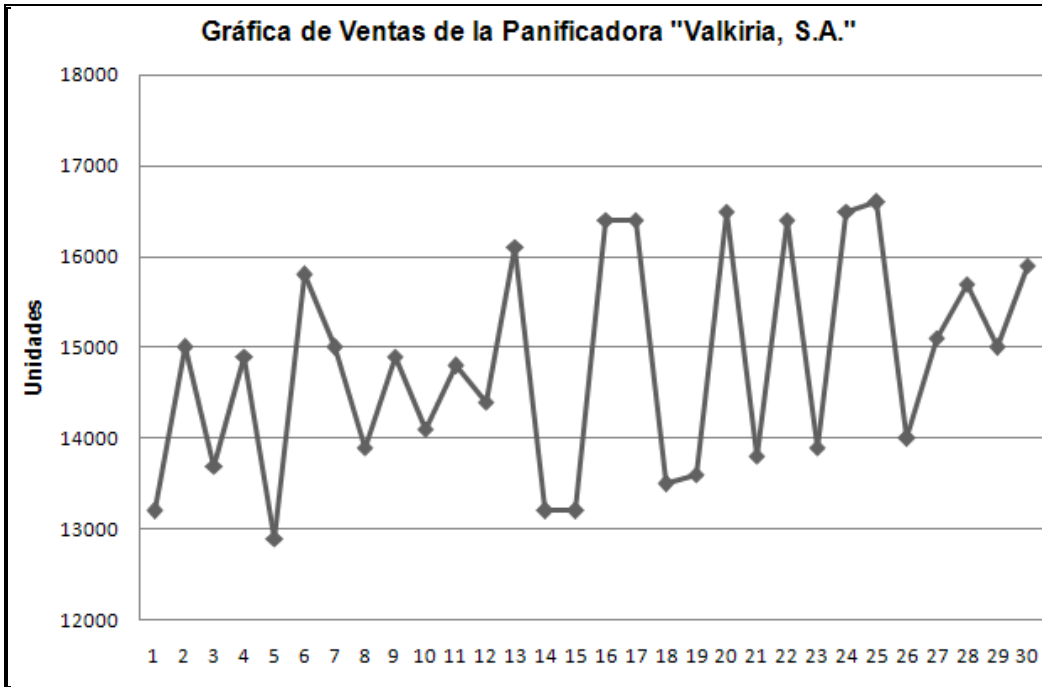
Periodo	Ventas	Periodo	Ventas
1	13,200	16	16,400
2	15,000	17	16,400
3	13,700	18	13,500
4	14,900	19	13,600
5	12,900	20	16,500
6	15,800	21	13,800
7	15,000	22	16,400
8	13,900	23	13,900
9	14,900	24	16,500
10	14,100	25	16,600
11	14,800	26	14,000
12	14,400	27	15,100
13	16,100	28	15,700
14	13,200	29	15,000
15	13,200	30	15,900

Fuente: elaboración propia

Solución

- a) Como se nos indicó en el enunciado, comenzaremos por graficar los datos (ver figura 47).

Figura 47. **Gráfica de las ventas realizadas en los últimos treinta meses por la empresa panificadora “Valkiria S.A.”, caso práctico 6.3.7**



Fuente: elaboración propia

Observando la gráfica, podemos decir sin lugar a dudas que los datos pertenecen a la familia de demandas ascendente-descendente.

Como se nos pide que realicemos el pronóstico de riesgo para el bimestre número 16; procederemos entonces a unificar los datos en una tabla que nos muestre las ventas por bimestre, entonces, nos queda de la siguiente manera (ver tabla CIII).

Tabla CIII. **Ventas realizadas por la empresa panificadora “Valkiria S.A.”
tabuladas en bimestres, caso práctico 6.3.7**

Bimestre	Ventas
1	28,200
2	28,600
3	28,700
4	28,900
5	29,000
6	29,200
7	29,300
8	29,600
9	29,900
10	30,100
11	30,200
12	30,400
13	30,600
14	30,800
15	30,900

Fuente: elaboración propia

b) Partiendo de las fórmulas, procederemos a calcular cada uno de los siguientes 14 elementos que nos servirán para realizar los pronósticos, estos son:

x	$\ln(y)$
y	$\ln(x) * \ln(y)$
$x*y$	$[\ln(x)]^2$
x^2	$x * \ln(y)$
1/y	1/x
$x*1/y$	$1/x * \ln(y)$
$\ln(x)$	$(1/x)^2$

Tomando en cuenta que para pronosticar vamos a utilizar una política de tres valuaciones (o sea que de los 15 bimestres vamos a tomar solo 12), por lo tanto n tomará el valor de 12, entonces, para ello tenemos las siguientes sumatorias (ver tabla CVI).

Tabla CIV. Sumatorias de las catorce columnas empleando las fórmulas para el cálculo de pronósticos para familias de demanda ascendente-descendente, caso práctico 6.3.7

$\sum X$	78
$\sum Y$	352,100
$\sum XY$	2,316,300
$\sum X^2$	650
$\sum 1/Y$	0.00041
$\sum X(1/Y)$	0.00263
$\sum \ln(X)$	19.98721
$\sum \ln(Y)$	123.43803
$\sum \ln(X)\ln(Y)$	205.78599
$\sum (\ln(X))^2$	35.57491
$\sum X(\ln(Y))$	803.28945
$\sum 1/X$	2.10321
$\sum (1/X)(\ln(Y))$	31.86631
$\sum (1/X)^2$	1.56498

Fuente: elaboración propia

- c) Ya teniendo los datos de la tabla anterior, daremos paso a calcular los pronósticos con los diferentes métodos:

Método de la línea recta

Partiendo de la fórmula: $Y = A + Bx$, tenemos:

$$A = \frac{(352,100)(650) - (78)(2,316,300)}{(12)(650) - (78)^2} = 28,084.84848$$

$$B = \frac{(12)(2,316,300) - (78)(352,100)}{(12)(650) - (78)^2} = 193.35664$$

Por lo tanto, tenemos que el pronóstico para el bimestre número 16 es:

$$P_{16} = 28,084.84848 + 193.35664(16) \approx 31,179 \text{ unidades}$$

Para calcular el error, utilizamos las ventas del bimestre número 13 (ver tabla CV).

Tabla CV. Error encontrado en el pronóstico de ventas número 16 al aplicar el método de la línea recta, caso práctico 6.3.7

PERIODO	VENTAS 2008	PREVISIÓN	ERROR	ERROR ACUM.
16	30,600	31,179	-579	579

Fuente: elaboración propia

Método geométrico

Para este método partimos de la siguiente fórmula:

$$y = AX^B$$

Ahora bien, necesitamos obtener los valores de A y B, para ello empleamos las siguientes fórmulas:

$$A = e \left[\frac{(123.43803)(35.574907) - (19.987214)(205.78599)}{(12)(39.574907) - (19.987214)^2} \right]$$

$$A = 27,912.05859$$

$$B = \frac{(12)(205.78599) - (19.987214)(123.43803)}{(12)(39.574907) - (19.987214)^2}$$

$$B = 0.02983189$$

Entonces, el pronóstico para el bimestre número 16 es:

$$P_{16} = (27,912.05859)(16)^{0.02983189} \approx 30,319 \text{ unidades}$$

Para calcular el error, utilizamos las ventas del bimestre número 13 (ver tabla CVI).

Tabla CVI. Error encontrado en el pronóstico de ventas número 16 al aplicar el método geométrico, caso práctico 6.3.7

PERIODO	VENTAS 2008	PREVISIÓN	ERROR	ERROR ACUM.
16	30,600	30,319	281	281

Fuente: elaboración propia

Método Semilogarítmico Exponencial

Partimos de la misma fórmula del método geométrico:

$$y = AX^B$$

Entonces, continuamos con el cálculo de los valores de A y B obteniendo:

$$A = e \left[\frac{(123.438025)(650) - (78)(803.289454)}{(12)(650) - (78)^2} \right]$$

$$A = 28,104.1006$$

$$B = e \left[\frac{(12)(803.289454) - (78)(123438025)}{(12)(650) - (78)^2} \right]$$

$$B = 1.0015291$$

Entonces, el pronóstico para el bimestre número 16 queda así:

$$P_{16} = (28,104.1006)(16)^{1.0015291} \approx 28,800 \text{ unidades}$$

Para calcular el error, utilizamos las ventas del bimestre número 13 (ver Tabla CVII).

Tabla CVII. Error encontrado en el pronóstico de ventas número 16 el aplicar el método semilogarítmico exponencial, caso práctico 6.3.7

PERIODO	VENTAS 2008	PREVISIÓN	ERROR	ERROR ACUM.
16	30,600	28,800	1800	1800

Fuente: elaboración propia

Método del Logaritmo Inverso

Para este modelo partimos de las siguientes dos fórmulas:

$$y = A - \frac{B}{x} \qquad P = e * \ln y$$

Por lo tanto, iniciamos con el cálculo de los valores de A y B como sigue:

$$A = \frac{(123.435025)(1.564977) - (3.10321068)(31.8663093)}{(12)(1.564977) - (3.10321068)^2}$$

$$A = 10.30511291$$

$$B = \frac{(12)(31.8663093) - (3.10321068)(123.438025)}{(12)(1.564977) - (3.10321068)^2}$$

$$B = -0.071967259$$

Ya teniendo los valores de A y B, procedemos a calcular el valor de Y, quedando de la siguiente manera:

$$y = (10.30511291) - \frac{(-0.071967259)}{16} = 10.30961086$$

Ahora procedemos a calcular el pronóstico para el bimestre número 16 como sigue:

$$P_{16} = e(10.30961086) \approx 30,020 \text{ unidades}$$

Para calcular el error, utilizamos las ventas del bimestre número 13 (ver tabla CVIII).

Tabla CVIII. Error encontrado en pronóstico de ventas número 16 al aplicar el método del logaritmo inverso, caso práctico 6.3.7

PERIODO	VENTAS 2008	PREVISIÓN	ERROR	ERROR ACUM
16	30,600	30,020	580	580

Fuente: elaboración propia

Método Hiperbólico

Partimos de la fórmula:

$$y = \frac{1}{A} + Bx$$

Calculamos primero los valores de A y B, obteniendo:

$$A = \frac{(0.00040919)(650) - (78)(0.0026276)}{(12)(650) - (78)^2}$$

$$A = 3.55592 * 10^{-5}$$

$$B = \frac{(12)(0.0026276) - (78)(0.00040919)}{(12)(650) - (78)^2}$$

$$B = -2.24634 * 10^{-7}$$

Ya teniendo los valores de A y B continuamos con el cálculo del pronóstico para el bimestre número 16, quedando de la siguiente manera:

$$P_{16} = \frac{1}{3.55592 * 10^{-5}} + (-2.24634 * 10^{-7})(16) \approx 28,122 \text{ unidades}$$

Para calcular el error, utilizamos las ventas del bimestre número 13 (ver tabla CIX).

Tabla CIX. Error encontrado en el pronóstico de ventas número 16 al aplicar el método hiperbólico, caso práctico 6.3.7

PERIODO	VENTAS 2008	PREVISIÓN	ERROR	ERROR ACUM.
16	30,600	28,122	2,478	2,478

Fuente: elaboración propia

Ya habiendo analizado los cinco métodos para las familias de demanda ascendente-descendente, podemos concluir que el modelo que mejor se adapta a las necesidades de la panificadora “Valkiria, S.A.” es el modelo geométrico, ya que éste presenta un error de 281 unidades que es mucho menor que el error obtenido por los demás modelos, por lo que se recomienda que se emplee el mismo para que realicen sus pronósticos.

6.4 Práctica No. 4 Pronósticos para familias de demanda cíclica

6.4.1 Descripción de las familias de demanda cíclica

Este tipo de familias de demandas se caracterizan por seguir un patrón de comportamiento que es un poco diferente al comportamiento de las familias ascendente-descendente y al de las familias estables, esto es debido a que este tipo de familias por lo regular tienen un comportamiento de tipo cíclico, o sea una de relación horizontal, es decir, que la relación que guardan los datos de ventas reales, son por ejemplo de enero de un año a enero de otro, por lo

que se puede decir que ya no es tan relevante lo que pasó en diciembre para analizar enero, ya que este tipo de relación es del tipo vertical y es muy útil para las familias de demandas ascendentes o estables, pero no para las familias de comportamiento estacionario o cíclico.

Para calcular un pronóstico en este tipo de familias, se utiliza el método de Índices, cuya fórmula es la siguiente:

$$P = X * Indice$$

Donde:

$$X = \textit{Promedio Vertical}$$

$$X_h = \textit{es el promedio horizontal de las ventas del período}$$

$$Indice = \frac{X_h}{\textit{Promedio de todos los períodos}}$$

Donde, el pronóstico es igual a multiplicar el promedio vertical el promedio vertical por el índice estacional del período, esta fórmula nos da un pequeño problema, ya que el índice estacional es igual al promedio horizontal del período dividido entre el promedio vertical del juego total de datos, si revisamos la fórmula, observamos una discrepancia, ya que se eliminaría el promedio vertical con el promedio del índice estacional, por lo que se necesita hacerle una modificación a la fórmula, entonces, en lugar de multiplicar el índice estacional por el promedio vertical, vamos a multiplicar el índice estacional del período por el último juego de datos del análisis.

Para poder aplicar este modelo a un conjunto de datos, se necesita tener por lo menos tres juegos de datos de ventas, esta razón es debida a que el cálculo de la estacionalidad, por lo cual se requiere tener completo el período

que se va a analizar, de otra manera sería imposible hallar la estacionalidad de los datos.

6.4.2 Caso práctico

La empresa “Central de empaques, S.A.”, la cual se dedica a la fabricación de cajas de cartón para empaques presenta a continuación los datos de las ventas de los años 2005, 2006 y 2007 (ver tabla CX); solicitando a usted que realice un pronóstico de riesgo para el año 2008 utilizando las fórmulas para las familias de demanda cíclica.

Tabla CX. **Ventas realizadas por la empresa “Central de empaques S.A.” en los años 2005, 2006 y 2007, caso práctico 6.4.2**

Período	2005	2006	2007
1	7,000	6,300	10,000
2	9,600	9,780	4,500
3	5,000	8,000	7,100
4	8,700	7,500	11,000
5	7,400	6,400	9,100
6	6,600	8,500	10,000
7	9,700	9,700	6,500
8	10,000	10,500	7,300
9	6,500	9,200	8,100
10	7,200	7,000	9,300
11	8,500	6,900	10,000
12	9,400	8,200	11,500

Fuente: elaboración propia

Solución

Iniciamos con el cálculo del promedio de todos los datos de la tabla para obtener el X_{vert} , el cual nos queda de la siguiente manera:

$$X_{vert} = \frac{7,000 + 9,600 + 5,000 + \dots + 10,000 + 11,500}{36} = 8277.22$$

Ya teniendo el promedio de todo el juego de datos, vamos a calcular el promedio horizontal para el mes de enero, quedándonos de la siguiente manera:

$$Promedio_{enero} = \frac{7,000 + 6,300 + 10,000}{3} = 7,766.67$$

El índice estacional del mes de enero es igual a:

$$\acute{I}ndice_{enero} = \frac{X_{parcial}}{X_{vertical}} = \frac{7,766.67}{8,277.22} = 0.94$$

El pronóstico para el mes de enero es igual a:

$$P_{enero\ 2008} = \acute{I}ndice * \acute{U}ltimo\ dato\ de\ venta\ real$$
$$P_{enero\ 2008} = 0.94 * 7,766.67 = 7,301\ unidades$$

Y así sucesivamente para todos los demás períodos, entonces, la tabla que nos muestra los pronósticos para el año 2008 se muestra a continuación (ver tabla CXI).

Tabla CXI. **Índices y pronósticos de ventas para los períodos del 1 al 12 del año 2008 para la empresa “Central de Empaques S.A.”, caso práctico**

6.4.2

Período	2005	2006	2007	Promedio	Índice	Pronóstico (Año 2008)
1	7000	6300	10000	7,766.67	0,94	7,301
2	9600	9780	4500	7,960	0,96	7,642
3	5000	8000	7100	6,700	0,81	5,427
4	8700	7500	11000	9,066.67	1,10	9,974
5	7400	6400	9100	7,633.33	0,92	7,023
6	6600	8500	10000	8,366.67	1,01	8,451
7	9700	9700	6500	8,633.33	1,04	8,979
8	10000	10500	7300	9,266.67	1,12	10,379
9	6500	9200	8100	7,933.33	0,96	7,616
10	7200	7000	9300	7,833.33	0,95	7,442
11	8500	6900	10000	8,466.67	1,02	8,636
12	9400	8200	11500	9,700	1,17	11,349

Fuente: elaboración propia

6.5 Práctica No. 5 Pronósticos para familias de demanda combinada

6.5.1 Descripción de las familias de demanda combinada

Algunas curvas presentan cierta tendencia o ciclaje así como también presentan un cierto crecimiento, debido a esto podemos clasificar estas gráficas como combinadas. Para este tipo de gráficas de emplea un método matemático que permite transformar un modelo combinado a uno cíclico lineal, para luego poder trabajarlo como tal, para después calcular los pronósticos con la fórmula general para los métodos combinados, el procedimiento que se utiliza es el siguiente:

- a) Graficar los datos;
- b) Hacer una nueva tabla con los datos transformados;
- c) Encontrar los índices estacionarios;
- d) Encontrar los pronósticos.

Entonces, para calcular los pronósticos para este tipo de familias, se emplean las siguientes fórmulas:

$$P = X_{vertical\ DO} * Índice + B * Período$$

Donde:

$X_{Vertical\ DO}$: Promedio vertical de los datos originales con que se cuenta

B: Pendiente que tienen los datos originales

Período: Es el número del mes que se está analizando

Índice: Es el índice estacionario

La fórmula que se utiliza para transformar los datos originales es la siguiente:

$$Datos\ Nuevos = Datos\ Originales - B * T$$

Donde:

B: Es la pendiente.

T: Es el período a analizar.

6.5.2 Caso práctico

La empresa “H&K, S.A.” presenta a continuación lo datos históricos de sus ventas en los años 2006, 2007 y 2008 (ver tabla CXII); para lo cual solicita a

usted que realice un pronóstico de riesgo para el año 2009. Los datos son los siguientes:

Tabla CXII. Ventas realizadas por la empresa “H&K, S.A.” en los años 2006, 2007 y 2008, caso práctico 6.5.2

Período	2006	2007	2008
1	1000	1500	1600
2	1200	1600	1700
3	1400	1750	1850
4	1600	1900	2100
5	1700	1950	2200
6	1800	2000	2400
7	1700	1900	2300
8	1650	1850	2200
9	1600	1700	1900
10	1550	1680	1800
11	1475	1600	1700
12	1400	1500	1600

Fuente: elaboración propia

Solución

Lo primero que debe hacerse, como el método lo indica, es transformar los datos originales a una tendencia simulada, para ello se deben utilizar los métodos de regresión explicados en la sección anterior, entonces, el método que tenga el menor factor de correlación, es decir, el más cercano a uno (1) será el método que se va a utilizar para calcular la tendencia (B), ya que esta tendencia es la que debemos usar para transformar los datos originales a una tabla con datos que presenten un ciclaje lineal.

Entonces, si empleamos los métodos de regresión, tenemos los siguientes resultados:

Línea Recta

$$R = 0.6116$$

$$B = 16.85$$

Logarítmico

$$R = 0.6724$$

$$B = 225$$

Exponencial

$$R = 0.61$$

$$B = 1.0$$

Potencial

$$R = 0.7148$$

$$B = 0.1432$$

Tomando como referencia estos métodos, debemos elegir el que presente una mejor pendiente, para este caso y con fines didácticos vamos a emplear el método de potencia, cuyo factor de correlación es $R = 0.7148$, entonces, con el valor de $B = 0.1482$ proseguimos a calcular la tabla con los nuevos datos de la siguiente forma:

$$Datos Nuevos = Dato viejo - B * Período$$

Enero:

$$DN = 1000 - (0.1482) * (1)$$

$$DN = 999.85 \approx 1000$$

Febrero

$$DN = 1200 - (0.1482) * (2)$$

$$DN = 1,199.71 \approx 1200$$

Y así sucesivamente para los siguientes meses quedándonos así (ver tabla CXIII).

Tabla CXIII. **Linealización de las ventas realizadas por la empresa “H&K, S.A.”, aplicando correlación, caso práctico 6.5.2**

Período	2006	2007	2008
1	1000	1498	1596
2	1200	1598	1696
3	1400	1748	1846
4	1599	1898	2096
5	1699	1948	2196
6	1799	1997	2396
7	1699	1897	2296
8	1649	1847	2195
9	1599	1697	1895
10	1549	1677	1795
11	1473	1597	1695
12	1398	1497	1595

Fuente: elaboración propia

Si observamos los valores obtenidos en la tabla CXIII, notamos que éstos son muy parecidos a los de la tabla original, esto es debido a que elegimos una pendiente muy pequeña, más sin embargo, con esto se logró estabilizar la gráfica para poder calcular los índices estacionales. Ya teniendo esta información, procedemos a calcular los índices estacionales y los pronósticos respectivos de la siguiente manera:

Enero

$$X_{parcial\ Hz} = \frac{1000 + 1498 + 1596}{3} = 1365$$

$$\text{Índice}_{\text{enero}} = \frac{X_{\text{parcial Hz}}}{X_{\text{vertical}}} = \frac{1365}{1729} = 0.79$$

$$B = 0.1432$$

$$P_{\text{enero}} = 1729 * 0.79 + (0.1432 * 37) = 1370$$

Febrero

$$P_{\text{febrero}} = 1729 * 0.87 + (0.1432 * 38) = 1510$$

Y así sucesivamente para los siguientes meses, obteniendo así la siguiente tabla:

Tabla CXIV. **Índices y pronósticos de ventas para el año 2009 de la empresa “H&K, S.A.”, caso práctico 6.5.2**

Período	2006	2007	2008	Promedio	Índice	Pronóstico
1	1000	1498	1596	1365	0.79	1370
2	1200	1598	1696	1498	0.87	1510
3	1400	1748	1846	1665	0.96	1665
4	1599	1898	2096	1864	1.08	1873
5	1699	1948	2196	1948	1.13	1959
6	1799	1997	2396	2064	1.19	2063
7	1699	1897	2296	1964	1.14	1977
8	1649	1847	2195	1897	1.10	1908
9	1599	1697	1895	1730	1.00	1735
10	1549	1677	1795	1674	0.97	1683
11	1473	1597	1695	1588	0.92	1597
12	1398	1497	1595	1497	0.87	1511

Fuente: elaboración propia

Las conclusiones y recomendaciones de un modelo cíclico son también aplicables para método ya que presentan un comportamiento gráfico muy parecido.

6.6 Práctica No. 6 Planificación de producción continua

6.6.1 Descripción de la planificación para la producción continua

La planificación juega un papel importante en el control de la producción, ya que este nos permite calcular el tiempo requerido, mano de obra, materiales, etc. para la fabricación de un producto en específico. Con lo anterior podemos mencionar que las metas de la planificación son:

- a) Satisfacer la demanda
- b) Analizar los costos de:
 - ✓ Materiales
 - ✓ Mano de Obra (MO)
 - ✓ Almacenaje
 - ✓ Costos indirectos

Por lo tanto, podemos decir que la planificación de producción busca la optimización de los recursos para la misma.

6.6.2 Pasos para realizar la planificación de la producción continua

Esta etapa inicia luego que ha concluido la etapa del pronóstico, lo que dará la pauta para planificar la producción. Los pasos son los siguientes:

- a. Establecer la demanda: esto es transformar los requerimientos de unidades a horas por cada producto por mes, si es que así se han estimado los períodos de venta con los pronósticos.
- b. Establecer la oferta: consiste en calcular la disponibilidad total de tiempo para la producción en función de los planes de trabajo, luego se distribuye este tiempo acorde a la demanda.
- c. Estimar costos: se refiere a calcular los costos principales en que se incurrirá para la producción, incluye los costos de almacenaje de materiales o de materia prima, mano de obra, el cual se establece de acuerdo a los diferentes planes de trabajo.
- d. Utilizar matrices: se utilizan para mostrar las relaciones entre la disponibilidad de tiempo y los requerimientos para visualizar lo que se tiene y lo que se pide, buscando hacer una asignación para satisfacer la demanda al menor costo.
- e. Toma de decisión: esta se realiza luego de preparar las matrices de planificación. Se calculan los costos totales, horas de producción y meses de trabajo, lo que permitirá descubrir el plan de trabajo más adecuado para cumplir con la producción.

6.6.3 Caso práctico

Editores de la imprenta “Winchester” le presenta a usted información referente a su línea de producción de su producto líder en el mercado, el cual tiene los siguientes pronósticos de venta (ver tabla CXV).

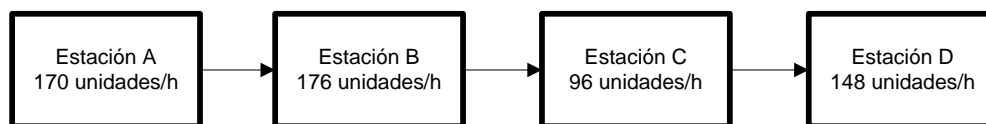
Tabla CXV. **Pronóstico de ventas de la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3**

Mes	Ventas (Unidades)
Julio	22000
Agosto	24000
Septiembre	26000
Octubre	19500
Noviembre	21800
Diciembre	27000

Fuente: elaboración propia

Este producto líder consiste en la impresión de un catálogo de productos de una reconocida fábrica manufacturera de armamento. El proceso está formado por 4 operaciones continuas que fluyen desde el departamento A hasta el departamento D. Las eficiencias de cada una de las estaciones de trabajo se presentan a continuación (ver figura 48).

Figura 48. **Flujo de proceso de la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3**



Fuente: elaboración propia

La disponibilidad en días se muestra en la siguiente tabla, contemplándose una Jornada Diurna Especial laborando 9 horas de Lunes a Jueves y 8 horas el viernes (ver tabla CXVI).

Tabla CXVI. **Disponibilidad de días para la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3**

Mes	Lunes-Jueves	Viernes
Julio	19	4
Agosto	16	4
Septiembre	17	4
Octubre	18	4
Noviembre	16	4
Diciembre	16	4

Fuente: elaboración propia

El costo de almacenamiento por unidad/mes es de Q 40.00. El requerimiento de mano de obra se muestra en la siguiente tabla (ver tabla CXVII).

Tabla CXVII. **Requerimiento de la mano de obra para la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3**

Mano de Obra	A	B	C	D	Salario/mes
Supervisor	1	2	1	1	Q. 4,000.00
Operario	2	3	3	4	Q. 2,200.00

Fuente: elaboración propia

Solución

Se calculan los ritmos de producción de las distintas estaciones:

Departamento A = 170 unidades/hora

Departamento B = 176 unidades/hora

Departamento C = **91 unidades/hora Estación más lenta**

Departamento D = 148 unidades/hora

Determinación de costos en base a la estación más lenta:

Mano de Obra

Mano de obra = $1(Q\ 4000/\text{mes}) + 3(Q\ 2200/\text{mes}) = Q.\ 10,600 / \text{mes}$

Mano de obra (hora normal) = $(Q\ 10,600/\text{mes}) * (1\ \text{mes}/30\ \text{días}) * (1\ \text{día}/8\ \text{horas}) = Q.\ 44.17/\text{hora}$

Mano de obra (hora normal) = $Q.\ 44.17 * (1.33) = Q.\ 58.74 / \text{hora}$

Mano de obra (hora extraordinaria) = $Q.\ 58.74/\text{hora} * (1.50) =$

Mano de obra (hora extraordinaria) = $Q.\ 88.11/\text{hora}$

Almacenaje

Almacenaje = $(Q\ 40/\text{Mes-unidad}) * (1\ \text{mes}/30\ \text{días}) * (1\ \text{día}/24\ \text{hr})$

Almacenaje = $Q.\ 0.06/\text{unidades-hora}$

Almacenaje (estación C) = $(Q\ 0.06/\text{unidades/hr}) * (91\ \text{unidades/hr})$

Almacenaje (estación C) = $Q.\ 5.46 / \text{hora}$

Los costos nos quedan de la siguiente manera (ver tabla CXVIII).

Tabla CXVIII. **Resumen de costos de almacenaje y mano de obra de la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3**

Elementos	Hora normal	Hora extra
Mano de obra	Q. 58.74	Q. 88.11
Almacenaje	Q. 5.46	Q. 5.46
	Q. 64.20	Q. 93.57

Fuente: elaboración propia

Requerimientos

Ahora se procede a calcular el requerimiento de tiempo necesario para cumplir con la producción de cada mes (Julio a Diciembre), en función de la estación más lenta (estación C).

Julio =	(22000 unid) * (1 hr/91 unidades) =	242 horas
Agosto =	(24000 unid) * (1 hr/91 unidades) =	264horas
Septiembre =	(26000 unid) * (1 hr/91 unidades) =	286 horas
Octubre =	(19500 unid) * (1 hr/91 unidades) =	214 horas
Noviembre=	(21800 unid) * (1 hr/91 unidades) =	240 horas
Diciembre =	(27000 unid) * (1 hr/91 unidades) =	297 horas

Disponibilidad (de julio a diciembre)

Para todos los meses vamos a tomar la siguiente disponibilidad en horas normales y en horas extra:

Lunes - Jueves =	9 hr diarias	Disponibile hr extra =	3 hr
Viernes =	8 hr diarias	Disponibile hr extra =	4 hr

Julio

Jornada diurna especial

Horas normales =	19 (9) + 4 (8) =	203 horas
Horas extras =	19 (3) + 4 (4) =	73 horas

Jornada Nocturna

Horas normales =	19 (7) + 4 (8) =	165 horas
Horas extras =	19 (5) + 4 (4) =	111 horas

Agosto

Jornada diurna especial

$$\text{Horas normales} = 16 (9) + 4 (8) = 176 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 16 (3) + 4 (4) = 64 \text{ horas}$$

Jornada Nocturna

$$\text{Horas normales} = 16 (7) + 4 (8) = 144 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 16 (5) + 4 (4) = 96 \text{ horas}$$

Septiembre

Jornada diurna especial

$$\text{Horas normales} = 17 (9) + 4 (8) = 185 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 17 (3) + 4 (4) = 67 \text{ horas}$$

Jornada Nocturna

$$\text{Horas normales} = 17 (7) + 4 (8) = 151 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 17 (5) + 4 (4) = 101 \text{ horas}$$

Octubre

Jornada diurna especial

$$\text{Horas normales} = 18 (9) + 5 (8) = 202 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 18 (3) + 5 (4) = 74 \text{ horas}$$

Jornada Nocturna

$$\text{Horas normales} = 18 (7) + 5 (8) = 166 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 18 (5) + 5 (4) = 110 \text{ horas}$$

Noviembre

Jornada diurna especial

$$\text{Horas normales} = 16 (9) + 5 (8) = 176 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 16 (3) + 5 (4) = 64 \text{ horas}$$

Jornada Nocturna

$$\text{Horas normales} = 16 (7) + 5 (8) = 144 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 16 (5) + 5 (4) = 96 \text{ horas}$$

Diciembre

Jornada diurna especial

$$\text{Horas normales} = 16 (9) + 5 (8) = 176 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 16 (3) + 5 (4) = 64 \text{ horas}$$

Jornada Nocturna

$$\text{Horas normales} = 16 (7) + 5 (8) = 144 \text{ horas}$$

$$\text{Horas extras} = 16 (5) + 5 (4) = 96 \text{ horas}$$

En la tabla se muestran las horas disponibles en tiempo normal y extraordinario para las jornadas diurnas especiales y nocturnas (ver tabla CXIX).

Tabla CXIX. **Resumen de las horas disponibles en jornada diurna especial y jornada nocturna para la imprenta “Winchester”, caso práctico**

6.6.3

Mes	Jornada Diurna Especial		Jornada Nocturna	
	Hora normal	Hora extra	Hora normal	Hora extra
Julio	203	73	165	111
Agosto	176	64	144	96
Septiembre	185	67	151	101
Octubre	202	74	166	110
Noviembre	176	64	144	96
Diciembre	176	64	144	96

Fuente: elaboración propia

Tabla CXX. **Disponibilidad y requerimiento según las jornadas diurna especial y nocturna para la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3**

Disponibilidad / Requerimiento	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	203	73	176	64	185	67	202	74	176	64	176	64
Requerimiento	<368>	<184>	<320>	<160>	185	67	202	74	<320>	<160>	176	64
Julio (242 hr)	368 64.20 242	184										
Agosto (264 hr)	126 69.66 ---		320 64.20 264	160								
Septiembre (286 hr)	126 75.12 45		56 69.66 56		185 64.20 185	67						
Octubre (214 hr)	81 80.58 12		---		---		202 64.20 202	74				
Noviembre (240 hr)	69 86.04 ---								320 64.20 240	160		
Diciembre (297 hr)	69 91.50 41								80 69.66 80		176 64.20 176	64
HORAS OCIO	28 costo = 58.74								---		---	
Costo de la producción / mes	Q25,279.98		Q20,849.76		Q11,877.00		Q12,968.40		Q20,980.80		Q11,299.20	
	TOTAL COSTO PRODUCCIÓN											Q103,255.14

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

- El departamento más lento que posee la Editorial “Winchester” es el departamento C;
- Se calcularon costos de Q 64.20 para los pagos en hora normal y Q 93.57 en hora extra respectivamente; estos costos incluyen los costos de mano de obra y almacenaje;
- La jornada con la que labora la imprenta es una jornada diurna especial, y como se pudo observar dicha jornada no es suficiente para cubrir la demanda, por lo tanto se agregó otra jornada, la cual consiste en una jornada nocturna, distribuída en 7 horas de lunes a jueves y 8 horas los viernes, ya que como sabemos no puede exceder de 36 horas a la semana. Con los datos anteriores, el horario a emplear para la producción es el siguiente (ver tabla CXXI).

Tabla CXXI. **Jornadas de trabajo a emplear para la imprenta “Winchester”, caso práctico 6.6.3**

Jornada	Horario
Diurna especial	8:00 - 17:00 L – J
Diurna especial	8:00 - 16:00 V
Nocturna	18:00 - 1:00 L – J
Nocturna	17:00 - 0:00 horas V

Fuente: elaboración propia

6.6.4 Caso práctico

La compañía “Umbrella, S.A.”, fabrica tres tipos de dulce, x, y, z; de los cuales el departamento de ventas estimó los siguientes pronósticos (ver tabla CXXII).

Tabla CXXII. Demandas y disponibilidad para la fabricación de los productos X, Y & Z para los meses de enero a junio de la empresa “Umbrella, S.A.”, caso práctico 6.6.4

Mes	Producto			Disponibilidad	
	X	Y	Z	Lu - Vie	Sábado
Enero	1514	2410	2173	22	4
Febrero	1614	2400	1900	20	4
Marzo	1647	2210	1892	20	4
Abril	1581	2545	2391	22	4
Mayo	1481	2622	2470	20	4
Junio	1481	2730	2360	21	5

Fuente: elaboración propia

El departamento de producción garantiza las siguientes eficiencias:

X = 12 unidades/hora

Y = 14 unidades/hora

Z = 13 unidades/hora

El departamento de mantenimiento da aviso que el mes de marzo hará un ajuste y reparación de maquinaria, por lo que se requiere de 5 días hábiles y de 1 sábado para ello.

El costo de almacenamiento por unidad al mes es de:

X = \$19.00

Y = \$18.50

Z = \$17.50

El requerimiento de mano de obra y salarios se establece así (ver tabla CXXIII).

Tabla CXXIII. Requerimiento de la mano de obra y salarios para la fabricación del los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4

	Producto X	Producto Y	Producto Z	Salario/Mes
Ayudantes	2	3	3	\$ 300
Operarios	4	4	4	\$ 460

Fuente: elaboración propia

Los ingredientes que poseen cada uno de los productos y sus respectivas cantidades aparecen a continuación (ver tabla CXXIV).

Tabla CXXIV. Porcentaje y precio de los distintos ingredientes que se requieren para la elaboración de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4

Materia	Producto X	Producto Y	Producto Z	Costo/Unidad
A	0.45	0.25	0.30	\$ 6.00
B	0.25	0	0.30	\$7.20
C	0.30	0.50	0	\$6.80
D	0	0.25	0.40	\$7.40

Fuente: elaboración propia

Se solicita con la información anterior presentar una distribución o plan de trabajo de producción que cumpla la supuesta demanda y utilice los menores costos.

Solución

a. Cálculo de requerimientos

Se procederá a calcular los requerimientos para cada uno de los productos en horas y porcentajes para satisfacer las necesidades de demanda. Vamos a tomar los datos de pronósticos para el mes de Enero y procederemos a calcular las horas necesarias para fabricar los productos X, Y, Z respectivamente:

Producto X

Eficiencia = 12 unidades/hora

Demanda = 1514 unidades

Para calcular las horas necesarias emplearemos una regla de tres simple:

$$\text{Horas Requeridas} = \frac{1514 \text{ unidades} * 1 \text{ hora}}{12 \text{ unidades}} \approx 127 \text{ horas}$$

Producto Y

Eficiencia = 14 unidades/hora

Demanda = 2410 unidades

$$\text{Horas Requeridas} = \frac{2410 \text{ unidades} * 1 \text{ hora}}{14 \text{ unidades}} \approx 173 \text{ horas}$$

Producto Z

Eficiencia = 13 unidades/hora

Demanda = 2173 unidades

$$\text{Horas Requeridas} = \frac{2173 \text{ unidades} * 1 \text{ hora}}{13 \text{ unidades}} \approx 168 \text{ horas}$$

Ya que tenemos las horas requeridas para cada producto, procedemos a sumarlas para obtener el tiempo total requerido para el mes de enero:

$$\text{Horas Totales Requeridas} = 127 + 173 + 168 = 468 \text{ horas}$$

Ahora procedemos a calcular que porcentaje le pertenece a cada producto empleando de nuevo una regla de tres. Las 468 horas corresponden al 100%, por lo tanto:

$$\% \text{ Tiempo Producto X} = \frac{127 * 100}{468} = 27.14 \%$$

$$\% \text{ Tiempo Producto Y} = \frac{173 * 100}{468} = 36.96 \%$$

$$\% \text{ Tiempo Producto Z} = \frac{168 * 100}{468} = 35.9 \%$$

De igual forma, se calculan los requerimientos para los meses de febrero hasta junio, quedando la tabla de requerimientos de la siguiente forma (ver tabla CXXV).

Tabla CXXV. Requerimiento en horas según disponibilidad en los meses de enero a junio para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4

Producto					
Mes	X	Y	Z	Total Horas	
Enero	127	173	168	468	
Febrero	135	172	147	454	
Marzo	138	158	146	442	
Abril	132	182	184	498	
Mayo	124	188	190	502	
Junio	124	195	182	501	
% Horas Requeridas/Producto					Horas al Día
Mes	X	Y	Z	Días Disp.	Requeridas (Horas/Días Disp.)
Enero	27,14	36,96	35,9	26	18
Febrero	29,74	37,88	32,38	24	18,92
Marzo	31,22	35,75	33,03	18	24,56
Abril	26,5	36,56	36,94	26	19,15
Mayo	24,7	37,45	37,85	24	20,92
Junio	24,75	38,92	36,33	26	19,27

Fuente: elaboración propia

b. Cálculo de la Disponibilidad

Ahora procederemos con el cálculo de los distintos planes de trabajo para averiguar qué jornada de trabajo se adecúa mejor. Procederemos entonces con el cálculo de la disponibilidad para todos los meses de la siguiente forma (ver tablas CXXVI a CXXXI).

Tabla CXXVI. Cantidad de horas disponibles en el mes de enero para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4

ENERO					TOTAL
JORNADA DIURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	22	8	4	4	192
TIEMPO EXTRA	22	4	4	8	120
TOTAL MES					312
JORNADA MIXTA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	
TIEMPO NORMAL	22	7	4	7	182
TIEMPO EXTRA	22	5	4	5	130
TOTAL MES					312
JORNADA NOCTURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	
TIEMPO NORMAL	22	6	4	6	156
TIEMPO EXTRA	22	6	4	6	156
TOTAL MES					312

Fuente: elaboración propia

Tabla CXXVII. Cantidad de horas disponibles en el mes de febrero para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4

FEBRERO					TOTAL
JORNADA DIURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	20	8	4	4	176
TIEMPO EXTRA	20	4	4	8	112
TOTAL MES					288
JORNADA MIXTA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	
TIEMPO NORMAL	20	7	4	7	168
TIEMPO EXTRA	20	5	4	5	120
TOTAL MES					288
JORNADA NOCTURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	
TIEMPO NORMAL	20	6	4	6	144
TIEMPO EXTRA	20	6	4	6	144
TOTAL MES					288

Fuente: elaboración propia

CXXVIII. Cantidad de horas disponibles en el mes de marzo para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4

MARZO					TOTAL
JORNADA DIURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	15	8	3	4	132
TIEMPO EXTRA	15	4	3	8	84
TOTAL MES					216
JORNADA MIXTA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	
TIEMPO NORMAL	15	7	3	7	126
TIEMPO EXTRA	15	5	3	5	90
TOTAL MES					216
JORNADA NOCTURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	
TIEMPO NORMAL	15	6	3	6	108
TIEMPO EXTRA	15	6	3	6	108
TOTAL MES					216

Fuente: elaboración propia

CXXIX. Cantidad de horas disponibles en el mes de abril para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4

ABRIL					TOTAL
JORNADA DIURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	22	8	4	4	192
TIEMPO EXTRA	22	4	4	8	120
TOTAL MES					312
JORNADA MIXTA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	
TIEMPO NORMAL	22	7	4	7	182
TIEMPO EXTRA	22	5	4	5	130
TOTAL MES					312
JORNADA NOCTURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	TOTAL
TIEMPO NORMAL	22	6	4	6	HORAS MES 156
TIEMPO EXTRA	22	6	4	6	156
TOTAL MES					312

Fuente: elaboración propia

CXXX. Cantidad de horas disponibles en el mes de mayo para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4

MAYO					TOTAL
JORNADA DIURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	20	8	4	4	176
TIEMPO EXTRA	20	4	4	8	112
TOTAL MES					288
MAYO					TOTAL
JORNADA MIXTA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	20	7	4	7	168
TIEMPO EXTRA	20	5	4	5	120
TOTAL MES					288
MAYO					TOTAL
JORNADA NOCTURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	20	6	4	6	144
TIEMPO EXTRA	20	6	4	6	144
TOTAL MES					288

Fuente: elaboración propia

CXXXI. Cantidad de horas disponibles en el mes de junio para la fabricación de los productos X, Y & Z, caso práctico 6.6.4

JUNIO					TOTAL
JORNADA DIURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	21	8	5	4	188
TIEMPO EXTRA	21	4	5	8	124
TOTAL MES					312
JUNIO					TOTAL
JORNADA MIXTA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	21	7	5	7	182
TIEMPO EXTRA	21	5	5	5	130
TOTAL MES					312
JUNIO					TOTAL
JORNADA NOCTURNA	DÍAS L-V	HORAS L-V	DÍAS S	HORAS S	HORAS MES
TIEMPO NORMAL	21	6	5	6	156
TIEMPO EXTRA	21	6	5	6	156
TOTAL MES					312

Fuente: elaboración propia

Ya que tenemos las jornadas calculadas para cada mes procederemos a diseñar los distintos planes de trabajo combinando jornadas de trabajo para encontrar cual es la que mejor se adecúa a los requerimientos del problema. Cada plan de trabajo consistirá en unir dos o más jornadas de trabajo o duplicar una jornada (ya que el problema no dice que no pueda trabajarse en doble turno), entonces los planes de trabajo quedarán de la siguiente manera (ver Tablas CXXXII a CXXXIV).

Plan No. 1 (jornada diurna)

Como vimos en las tablas anteriores, las horas disponibles que ofrece la jornada diurna no son suficientes para cubrir los requerimientos, por lo tanto este plan queda totalmente descartado.

Plan No. 2 (jornada diurna + jornada mixta)

Tabla CXXXII. Plan de trabajo utilizando la disponibilidad de la jornada diurna y la jornada mixta, caso práctico 6.6.4

PLAN 2	JORNADA DIURNA Y MIXTA									
	MES	TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA	TIEMPO TOTAL	X		Y		Z	
					TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA	TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA	TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA
ENERO	374	250	624	102,00	68,00	139,00	93,00	135,00	87,00	
FEBRERO	344	232	576	103,00	69,00	131,00	88,00	112,00	73,00	
MARZO	258	174	432	81,00	55,00	93,00	63,00	86,00	54,00	
ABRIL	374	250	624	100,00	67,00	137,00	92,00	139,00	89,00	
MAYO	344	232	576	85,00	58,00	129,00	87,00	131,00	86,00	
JUNIO	370	254	624	92,00	63,00	145,00	99,00	135,00	90,00	

Fuente: elaboración propia

Plan No. 3 (jornada diurna + jornada mixta + jornada nocturna)

Tabla CXXXIII. **Plan de trabajo utilizando la disponibilidad de la jornada diurna, mixta y nocturna, caso práctico 6.6.4**

PLAN 3	JORNADAS DIURNA, MIXTA Y NOCTURNA.								
	TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA	TIEMPO TOTAL	X		Y		Z	
				TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA	TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA	TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA
ENERO	530	94	624	144,00	26,00	196,00	35,00	191,00	32,00
FEBRERO	488	88	576	146,00	27,00	185,00	34,00	159,00	25,00
MARZO	366	66	432	115,00	21,00	131,00	24,00	121,00	20,00
ABRIL	530	94	624	141,00	25,00	194,00	35,00	196,00	33,00
MAYO	488	88	576	121,00	22,00	183,00	33,00	185,00	32,00
JUNIO	526	98	624	131,00	25,00	205,00	39,00	192,00	32,00

Fuente: elaboración propia

Plan No. 4 (Jornada Diurna en Doble Turno)

Para esta jornada únicamente multiplicamos por dos el tiempo normal y extra calculado para la jornada diurna.

Tabla CXXXIV. **Plan de trabajo utilizando la disponibilidad de la jornada diurna en doble turno, caso práctico 6.6.4**

PLAN 4	DOS JORNADAS DIURNAS									
	MES	TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA	TIEMPO TOTAL	X		Y		Z	
					TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA	TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA	TIEMPO NORMAL	TIEMPO EXTRA
ENERO	384	240	624	106,00	66,00	142,00	90,00	138,00	82,00	
FEBRERO	352	224	576	106,00	68,00	134,00	86,00	114,00	68,00	
MARZO	264	168	432	84,00	54,00	96,00	62,00	88,00	48,00	
ABRIL	384	240	624	102,00	64,00	142,00	88,00	142,00	86,00	
MAYO	352	224	576	88,00	56,00	132,00	84,00	134,00	82,00	
JUNIO	376	248	624	94,00	62,00	148,00	98,00	138,00	84,00	

Fuente: elaboración propia

c. Cálculo de Costos

Ahora procederemos con el cálculo de los distintos costos que conlleva la planificación

Costo de almacenamiento (costo/hora)

De acuerdo a la eficiencia con que se producen los distintos dulces a cada hora se procede al cálculo del almacenaje.

$$Tiempo = \frac{30días}{1mes} * \frac{24horas}{1día} = 720 \text{ horas/mes}$$

Producto X:

$$\frac{Q19}{unid - mes} * \frac{1mes}{720días} * 12 \text{ unidades} * hora = \$0.32$$

Producto Y:

$$\frac{Q18.50}{\text{unid} - \text{mes}} * \frac{1\text{mes}}{720\text{días}} * 14 \text{ unidades} * \text{hora} = \$0.36$$

Producto Z:

$$\frac{Q17.50}{\text{unid} - \text{mes}} * \frac{1\text{mes}}{720\text{días}} * 13 \text{ unidades} * \text{hora} = \$0.32$$

Costo de Materiales

Este costo se refiere a la suma de los materiales que contenga cada producto multiplicado por su respectivo precio. Por lo que calcula de la siguiente manera:

Producto X:

$$\begin{aligned} \text{Costo /Unidad} &= 6(0.45) + 7.20(0.25) + 6.80(0.30) = \frac{\$6.54}{\text{unidad}} * \frac{12 \text{ unidades}}{\text{hora}} \\ &= \$78.48/\text{hora} \end{aligned}$$

Producto Y:

$$\begin{aligned} \text{Costo /Unidad} &= 6(0.25) + 6.80(0.50) + 7.40(0.30) = \frac{\$6.75}{\text{unidad}} * \frac{14 \text{ unidades}}{\text{hora}} \\ &= \$94.50/\text{hora} \end{aligned}$$

Producto Z:

$$\begin{aligned} \text{Costo /Unidad} &= 6(0.30) + 7.20(0.30) + 7.40(0.40) = \frac{\$6.92}{\text{unidad}} * \frac{13 \text{ unidades}}{\text{hora}} \\ &= \$89.96/\text{hora} \end{aligned}$$

Costo de la mano de obra

Para este cálculo se pueden hacer algunas consideraciones como las siguientes:

- Se tiene que un mismo grupo de trabajo realiza actividades en la producción de los 3 artículos;
- El costo total de la Mano de Obra en tiempo normal (TN) se puede compartir en los diferentes productos de acuerdo al porcentaje de requerimientos que cada uno tenga;
- El costo de M.O. en tiempo normal se puede considerar como fijo en cada mes, ya que los salarios son devengados en forma mensual y generalmente no varían;
- Para el caso del producto X que requiere 2 ayudantes mientras que Y requiere 2 y en Z se requieren 3, se hará la consideración de que este tercero puede desarrollar cualquier otra actividad, pero su costo siempre deberá estimarse, ya que el costo de M.O. no es compartido y se basa en el total de empleados;
- El costo del tiempo extra es de 1.5 sobre el tiempo normal.

Teniendo esto en cuenta, procedemos entonces a calcular el costo de la mano de obra de acuerdo a cada uno de los planes de trabajo elaborados anteriormente. Para cada plan de trabajo vamos a considerar meses de 30 días, se va a calcular primero el costo por mes para luego transformarlo a costo por hora.

Plan No. 1 (jornada diurna)

$$TN = 3(300) + 4(400) = \$2740$$
$$Costo/hora = \frac{\$2740}{240 \text{ horas}} = \$11.42/hora$$

Como se van a pagar 30 días divididos en 8 horas cada día, por eso dividimos dentro de 240 horas.

$$TE = TN * 1.5 = 11.42 * 1.5 = \$17.13/hora$$

Plan No. 2 (jornada diurna + jornada mixta)

$$Costo /mes = \$2740 * 2 = \$5480$$

$$\frac{Costo}{hora} = \frac{\$2740}{240 \text{ horas}} + \frac{\$2740}{210 \text{ horas}} = \$24.46/hora$$

Vamos a hacer un promedio de las dos jornadas:

$$TN = \frac{\$24.46}{2} = \$12.23/hora$$

$$TE = \$12.23 * 1.5 = \$18.35/hora$$

Plan No. 3 (jornada diurna + jornada mixta + jornada nocturna)

$$Costo /mes = \$2740 * 3 = \$8220$$

$$\frac{Costo}{hora} = \frac{\$2740}{240 \text{ horas}} + \frac{\$2740}{210 \text{ horas}} + \frac{\$2740}{180 \text{ horas}} = \$39.69/hora$$

Vamos a hacer un promedio de las tres jornadas:

$$TN = \frac{\$39.69}{3} = \$13.23/hora$$

$$TE = \$13.23 * 1.5 = \$19.35/hora$$

Plan No. 4 (jornada diurna doble)

Este es el mismo que el plan No.1 de la jornada diurna, quedando de la siguiente manera:

$$TN = \$11.42$$

$$TE = \$17.13$$

Ahora que ya tenemos los costos calculados continuaremos con el cálculo del Costo Total, el cual consiste en sumar los costos de la mano de obra, materia prima y almacenaje, la formula general es la siguiente:

$$CT = C M.O. + C M.P. + C A.$$

Sumando por separado los costos totales para los tiempos normales y extra. Entonces, los costos totales para cada plan se presentan en la siguiente tabla (ver tabla CXXXV).

CXXXV. Costos totales en tiempo normal y tiempo extra para la fabricación de los productos X, Y & Z según los distintos planes de trabajo, caso práctico 6.6.4

PRODUCTO	PLAN 1		PLAN 2		PLAN 3		PLAN 4	
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
X	90,21	95,92	91,03	97,14	92,03	98,64	90,21	95,92
Y	106,28	111,98	107,09	113,21	108,09	114,70	106,28	111,98
Z	101,69	107,40	102,51	108,62	103,50	110,12	101,69	107,40

Fuente: elaboración propia

d. Utilización de matrices para planificar

Las matrices para planificar contemplan los 6 meses de producción en tiempos normales y tiempos extraordinarios y la disponibilidad así como el costo y la planificación final. Deberá procurarse cubrir todo el tiempo normal y utilizar lo menos posible el tiempo extra.

Ya tomando en cuenta lo anterior, proseguiremos a calcular las matrices para cada uno de los planes de trabajo. Se debe elaborar una matriz por cada producto y por cada plan de trabajo (ver tablas CXXXVI a CXLIV).

Nota: no se considerarán matrices para el plan de trabajo no. 1 ya que éste no cubre los requerimientos.

Plan No. 2 (Producto X)

Tabla CXXXVI. **Planificación para la elaboración del producto X, según el plan de trabajo no. 2, caso práctico 6.6.4**

	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
ENERO	102,00	68,00	103,00	69,00	81,00	55,00	100,00	67,00	85,00	58,00	92,00	63,00
127,0	102,00	68,00										
	91,03	97,14										
	102,00	25,00										
FEBRERO		43,00	103,00	32,00								
135,0		97,46	91,03	97,14								
		0,00	103,00	32,00								
MARZO				37,00	81,00	55,00						
138,0				97,46	91,03	97,14						
				2,00	81,00	55,00						
ABRIL						0,00	100,00	67,00				
132,0						97,46	91,03	97,14				
						0,00	100,00	32,00				
MAYO								35,00	85,00	58,00		
124,0								97,46	91,03	97,14		
								0,00	85,00	39,00		
JUNIO										19,00	92,00	63,00
124,0										97,46	91,03	97,14
										0	92,00	32,00
COSTO TOTAL	11713,56		12484,60		12716,30		12211,52		11526,10		11483,29	72135,37

Fuente: elaboración propia

Plan No. 2 (Producto Y)

Tabla CXXXVII. **Planificación para la elaboración del producto Y, según el plan de trabajo no. 2, Caso Práctico 6.6.4**

	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
ENERO	139,00	93,00	131,00	88,00	93,00	63,00	137,00	92,00	129,00	87,00								
173,0 COSTO	139,00	93,00																
PLANIFICADO	139,00	113,21																
FEBRERO		59,00	131,00	41,00														
172,0 COSTO		113,57	107,09	113,21														
PLANIFICADO		0,00	131,00	41,00														
MARZO				47,00	93,00	63,00												
158,0 COSTO				113,57	107,09	113,21												
PLANIFICADO				2,00	93,00	63,00												
ABRIL						0,00	137,00	92,00										
182,0 COSTO						113,57	107,09	113,21										
PLANIFICADO						0,00	137,00	45,00										
MAYO								47,00	129,00	87,00								
188,0 COSTO								113,57	107,09	113,21								
PLANIFICADO								0,00	129,00	59,00								
JUNIO										28,00	145,00	99,00						
195,0 COSTO										113,57	107,09	113,21						
PLANIFICADO										0	145,00	50,00						
COSTO TOTAL	18734,84		18670,56		17091,64		19765,94		20494,12		26735,91		121493,01					

Fuente: elaboración propia

Plan No. 2 (Producto Z)

Tabla CXXXVIII. **Planificación para la elaboración del producto Z, según el plan de trabajo no. 2, caso práctico 6.6.4**

	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
ENERO	135,00	87,00	112,00	73,00	86,00	54,00	139,00	89,00	131,00	86,00	135,00	90,00
168,0	135,00	87,00										
COSTO	102,51	108,62										
PLANIFICADO	135,00	33,00										
FEBRERO		54,00	112,00	35,00								
147,0		108,94	102,51	108,62								
COSTO		0,00	112,00	35,00								
PLANIFICADO												
MARZO				38,00	86,00	54,00						
146,0				108,94	102,51	108,62						
COSTO				6,00	86,00	54,00						
PLANIFICADO												
ABRIL							139,00	89,00				
184,0							102,51	108,62				
COSTO							139,00	45,00				
PLANIFICADO												
MAYO									131,00	86,00		
190,0									102,51	108,62		
COSTO												
PLANIFICADO									131,00	59,00		
JUNIO											135,00	90,00
182,0											102,51	108,62
COSTO											135,00	47,00
PLANIFICADO										0		
COSTO TOTAL	17423,19		15282,76		14681,40		19136,72		19837,39		18943,93	105305,39

Fuente: elaboración propia

Plan No. 3 (Producto X)

Tabla CXXXIX. **Planificación para la elaboración del producto X, según el plan de trabajo no. 3, caso práctico 6.6.4**

	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
ENERO	144,00	26,00	146,00	27,00	115,00	21,00	141,00	25,00	121,00	22,00	131,00	25,00
127	92,03	98,64										
0	127,00	0,00										
FEBRERO		26,00	146,00	27,00								
135		98,96	92,03	98,64								
0		0,00	135,00	0,00								
MARZO				27,00	115,00	21,00						
138				98,96	92,03	98,64						
0				2,00	115,00	21,00						
ABRIL						0,00	141,00	25,00				
132						98,96	92,03	98,64				
0						0,00	132,00	0,00				
MAYO								25,00	121,00	22,00		
124								98,96	92,03	98,64		
0								0,00	121,00	3,00		
JUNIO										19,00	131,00	25,00
124										98,96	92,03	98,64
0										0	124,00	0,00
COSTO TOTAL	11687,24		12423,44		12654,37		12147,37		11431,01		11411,16	71754,59

Fuente: elaboración propia

Plan No. 3 (Producto Y)

Tabla CXL. **Planificación para la elaboración del producto Y, según el plan de trabajo no. 3, caso práctico 6.6.4**

	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
ENERO	196,00	35,00	185,00	34,00	131,00	24,00	194,00	35,00	183,00	33,00	205,00	39,00
173	196,00	35,00										
COSTO	108,09	114,70										
0	173,00	0,00										
PLANIFICADO												
FEBRERO		35,00	185,00	34,00								
172		115,06	108,09	114,70								
COSTO		0,00	172,00	34,00								
0												
PLANIFICADO												
MARZO				0,00	131,00	24,00						
158				115,06	108,09	114,70						
COSTO				3,00	131,00	24,00						
0												
PLANIFICADO												
ABRIL						0,00	194,00	35,00				
182						115,06	108,09	114,70				
DISPONIBLE						0,00	182,00	0,00				
COSTO												
0												
PLANIFICADO												
MAYO								35,00	183,00	33,00		
188								115,06	108,09	114,70		
DISPONIBLE								0,00	183,00	5,00		
COSTO												
0												
PLANIFICADO												
JUNIO										28,00	205,00	39,00
195										115,06	108,09	114,70
DISPONIBLE												
COSTO												
0										0	195,00	0,00
PLANIFICADO												
COSTO TOTAL	18699,32057		22491,1332		16912,47255		19672,11759		20353,72103		21077,27	119206,03

Fuente: elaboración propia

Plan No. 3 (Producto Z)

Tabla CXXI. **Planificación para la elaboración del producto Z, según el plan de trabajo no. 3, caso práctico 6.6.4**

	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
ENERO	191,00	32,00	159,00	25,00	121,00	20,00	196,00	33,00	185,00	32,00	192,00	32,00
168 COSTO	191,00	32,00										
0 PLANIFICADO	103,50	110,12										
FEBRERO	168,00	0,00										
147 COSTO		32,00	159,00	25,00								
0 PLANIFICADO		110,44	103,50	110,12								
MARZO		0,00	147,00	0,00								
146 COSTO				25,00	121,00	20,00						
0 PLANIFICADO				110,44	103,50	110,12						
ABRIL				5,00	121,00	20,00						
184 COSTO						0,00	196,00	33,00				
0 PLANIFICADO						110,44	103,50	110,12				
MAYO						0,00	184,00	0,00				
190 COSTO								33,00	185,00	32,00		
0 PLANIFICADO								110,44	103,50	110,12		
JUNIO								0,00	185,00	5,00		
182 COSTO										27,00	192,00	32,00
0 PLANIFICADO										110,44	103,50	110,12
COSTO TOTAL	17388,81		15215,21		14726,47		19044,88		19698,99		18837,88	104912,23

Fuente: elaboración propia

Plan No. 4 (Producto X)

Tabla CXLII. Planificación para la elaboración del producto X, según el plan de trabajo no. 4, caso práctico 6.6.4

	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
ENERO	106,00	66,00	106,00	68,00	84,00	54,00	102,00	64,00	88,00	56,00	94,00	62,00
127 COSTO	106,00	66,00										
0 PLANIFICADO	90,21	95,92										
FEBRERO	106,00	21,00	106,00	29,00								
135 COSTO		45,00	96,24	95,92								
0 PLANIFICADO		0,00	106,00	29,00								
MARZO				39,00	84,00	54,00						
138 COSTO				96,24	90,21	95,92						
0 PLANIFICADO				0,00	84,00	54,00						
ABRIL						0,00	102,00	64,00				
132 COSTO						96,24	90,21	95,92				
0 PLANIFICADO						0,00	102,00	30,00				
MAYO								34,00	88,00	56,00		
124 COSTO								96,24	90,21	95,92		
0 PLANIFICADO								0,00	88,00	36,00		
JUNIO										20,00	94,00	62,00
124 COSTO										96,24	90,21	95,92
0 PLANIFICADO										0	94,00	30,00
COSTO TOTAL	11576,97		12344,34		12757,69		12079,41		11391,95		11357,70	71508,06

Fuente: elaboración propia

Plan No. 4 (Producto Y)

Tabla CXLIII. Planificación para la elaboración del producto Y, según el plan de trabajo no. 4, caso práctico 6.6.4

	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.	T.N.	T.E.
ENERO	142,00	90,00	134,00	86,00	96,00	62,00	142,00	88,00	132,00	84,00	148,00	98,00
173 COSTO	142,00	90,00										
0 PLANIFICADO	106,28	111,98										
FEBRERO	142,00	31,00										
172 COSTO	59,00	134,00	38,00									
0 PLANIFICADO	112,34	106,28	111,98									
MARZO	0,00	134,00	38,00									
158 COSTO			48,00	88,00	96,00	62,00						
0 PLANIFICADO			112,34	106,28	111,98							
ABRIL			0,00	88,00	96,00	62,00						
182 COSTO					0,00	142,00	88,00					
0 PLANIFICADO					112,34	106,28	111,98					
MAYO					0,00	142,00	40,00					
188 COSTO							48,00	132,00	84,00			
0 PLANIFICADO							112,34	106,28	111,98			
JUNIO							0,00	56,00	28,00	148,00	98,00	
195 COSTO									112,34	106,28	111,98	
0 PLANIFICADO									0	148,00	47,00	
COSTO TOTAL	18562,77361	18496,45556	17145,58611	19570,63611	20299,62778	20992,19	115067,27					

Fuente: elaboración propia

Plan No. 4 (Producto Z)

Tabla CXLIV. **Planificación para la elaboración del producto Z, según el plan de trabajo no. 4, caso práctico 6.6.4**

	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
	T.N.	T.E.		T.N.	T.E.		T.N.	T.E.		T.N.	T.E.		T.N.	T.E.		T.N.	T.E.	
ENERO	138,00	82,00		114,00	68,00		88,00	48,00		142,00	86,00		134,00	82,00		138,00	84,00	
168		82,00																
0	101,69	107,40																
0	138,00	30,00																
FEBRERO		52,00		114,00	33,00													
147		107,72		101,69	107,40													
0		0,00		114,00	33,00													
0					35,00		88,00	48,00										
MARZO					107,72		101,69	107,40										
146					10,00		88,00	48,00										
0																		
ABRIL								0,00		142,00	86,00							
184								107,72		101,69	107,40							
0								0,00		142,00	42,00							
0											44,00		134,00	82,00				
MAYO											107,72		101,69	107,40				
190											0,00		134,00	56,00				
0																		
JUNIO														26,00		138,00	84,00	
182															107,72	101,69	107,40	
0															0	138,00	44,00	
COSTO TOTAL	17255,61333			15137,19292			14104,19889			18951,19556			19641,26806			18759,22694		103848,70

Fuente: elaboración propia

e. Toma de Decisión

De acuerdo al análisis de las matrices podemos concluir que el cuello de botella nos lo presenta el producto “Y”, ya que es el que nos produce mayores costos y por lo tanto tomaremos los costos totales de ese producto para tomar nuestra decisión (ver tabla CXLV).

Tabla CXLV. **Costo total en el cual se incurre al aplicar los distintos planes de producción, caso práctico 6.6.4**

PLAN	COSTO TOTAL
Plan 2	121,493.01
Plan 3	119,206.03
Plan 4	115,067.27

Fuente: elaboración propia

Nota: el plan No. 1 no se tomó en cuenta ya que como mencionamos anteriormente, éste no cumplía con las horas requeridas.

En conclusión, basándonos en el cuadro de arriba, vemos que el plan que mejor se adecúa a nuestras necesidades es el plan No. 4, ya que presenta el menor costo comparado con los otros planes; lo cual significa que debemos aplicar la doble jornada diurna para obtener el mejor rendimiento de las horas obteniendo así un costo muchísimo menor.

6.7 Práctica No. 7 Planificación de producción intermitente

6.7.1 Aspectos generales de la producción intermitente

La producción intermitente es aquella donde dos o más pedidos se sirven en forma discontinua, de tal manera que se trabaja sobre pedido y en el momento en que se debe realizar cada tarea. Por ejemplo una fábrica de muebles, imprentas, talleres de mecánica, entre otros. Un taller de producción es aquel donde se agrupan las máquinas dependiendo del tipo de trabajo que se realiza.

Este tipo de producción se basa en las especificaciones del cliente, lo que conduce a trabajar una gran variedad de productos según las órdenes del cliente. Cada cliente generará un movimiento diferente en la producción, en cada puesto de trabajo se desarrollarán actividades similares por producto pero diferentes en contenido, cantidad y especificaciones.

6.7.2 Pasos para la planificación de la producción intermitente

Los pasos para planificar se pueden describir así:

- a. La venta: es el elemento con el que inicia el proceso de fabricación. Los ofrecimientos de fechas de entrega deben ser discutidos tanto por ventas como por producción.
- b. Cálculo de requerimientos: significa la transformación de los pedidos en el material a utilizar para satisfacer la producción, así como a la determinación del tiempo para realizar el pedido en cada puesto de trabajo.

- c. Plan de trabajo: consiste en la asignación de tiempos para obtener la mayor eficiencia.
- d. Diagramación de actividades: consiste en la programación cronológica de las actividades utilizando diagramas de Gantt como soporte en la visualización de la producción.
- e. Lanzamiento ordenado del trabajo: llamada también órdenes de trabajo. Consiste en fichas que servirán para saber de los trabajos planificados en ejecución y realizados, indican como mínimo qué producto, qué cantidad, en qué momento y cuál es su destino y cuál es su destino; pueden listarse las operaciones, la maquinaria y los materiales a utilizar entre otros.

6.7.3 Caso Práctico

La litografía “Siglo XXI” tiene el siguiente proceso de impresión en offset:

A) Arte	1 color →2 horas
B) Montaje	1 montaje →7horas
C) Abastos	(simultáneamente con B) 1 pedido / 45 min
D) Preparación de materiales	500 planchas/hora
E) Offset	1000 planchas/hora
F) Corte	360 planchas/hora
G) Empaque	4500 planchas/hora

Se conocen los tiempos estimados en la preparación de actividades de los diferentes puestos de trabajo, 15 minutos (0.25 hora). Para el último día del mes de enero entraron los siguientes pedidos entraron los siguientes pedidos

de etiquetas de los productos P, Q y R, de los cuales se proporcionan cantidades y especificaciones, así mismo el producto S se pidió urgentemente el 1ro. De febrero, la tabla se presenta a continuación (ver tabla CXLVI).

Tabla CXLVI. **Características del la orden recibida para la fabricación de los productos P, Q, R y S, caso práctico 6.7.3**

Producto	Calificación	Dimensión (cm.)	Colores	Cantidad	Fecha	Hora
P	Repetido	19x50	5	2,500	31/01/09	16:05
Q	Nuevo	25x10	4	5,000	31/01/09	16:30
R	Nuevo	19x50	3	7,500	31/01/09	16:50
S	Urgente	19x50	4	2,000	01/02/09	8:25

Fuente: elaboración propia

Se solicita determinar la disponibilidad de tiempo para la producción así como realizar un plan de trabajo completo de trabajo que satisfaga las condiciones de producción de la litografía. Una plancha de impresión de offset tiene $1\text{m}^2 = 10,000\text{ cm}^2$.

Solución

Requerimientos

Iniciaremos calculando la cantidad de material a utilizar por cada producto; como aparece a continuación:

Producto P

1 etiqueta _____ (19x50) cm^2

P _____ 10,000 cm^2

Por lo tanto tenemos 10.5 etiquetas/plancha

1 plancha _____ 10 etiquetas

P _____ 2,500 etiquetas

Lo cual es igual a 250 planchas.

De la misma manera se calcula para el resto de los productos de lo cual se obtiene el siguiente requerimiento:

Tabla CXLVII. Requerimientos para la elaboración de los productos P, Q, R y S, caso práctico 6.7.3

PRODUCTO	ETIQUETAS/PLANCHA	No. DE PLANCHAS
P	10.5 =10	250
Q	40	125
R	10.5 = 10	750
S	10.5 = 10	200

Fuente: elaboración propia

Se prosigue entonces con el cálculo del requerimiento de horas en cada puesto de trabajo, lo cual depende del proceso que necesite cada producto; abajo se expresa únicamente el producto Q pero de similar forma se hace para todos los productos:

Arte

1 color _____ 2 horas

4 colores _____ Q

Q = 8 horas

Montaje

De los cuatro colores, se requieren 7 horas.

Abastos

Un pedido → 45 minutos = 0.75 horas

Preparación de Materiales

500 planchas _____ 1 hora

125 planchas _____ Q Q = 0.25 horas

Offset

1,000 planchas _____ 1 hora

125 planchas _____ Q Q = 0.125 horas

1 color _____ 0.125 horas

4 colores _____ Q Q = 0.5 horas

Corte

360 planchas _____ 1 hora

125 planchas _____ Q Q = 0.347 horas

Empaque

4,500 etiquetas _____ 1 hora

5,000 etiquetas _____ Q Q = 1.111 horas

De acuerdo a lo trabajado anteriormente se desarrolla un plan de trabajo por cada producto a desarrollar (ver tabla CXLVIII).

Plan de Trabajo

Nombre del producto: Q

No. De unidades: 5,000

No. De orden: R-1

Tamaño: 25x10 cm²

Fecha de inicio: 01-02

Fecha de finalización: 05-05

Secuencia: [(A, B); C]→D, E, F, G

Tipo de papel: Cushé

Tabla CXLVIII. Plan de trabajo para la elaboración del producto Q, caso práctico 6.7.3

No.	DEPARTAMENTO	ACTIVIDAD	T.S. (HRS.)	T.P. (HRS.)	EQUIPO
1	Arte	Preparación		0.25	
2	Arte	Elaborar C.1	2		Dibujo
3	Arte	Elaborar C.2	2		Dibujo
4	Arte	Elaborar C.3	2		Dibujo
5	Arte	Elaborar C.4	2		Dibujo
6	Montaje	Preparación		0.25	
7	Montaje	Montar Colores	7		
8	Abastos	Preparación		0.25	
9	Abastos	Entregar Pedido	0.75		
10	Prep. Mat.		0.25		
11	Offset	Preparación		1.00	
12	Offset	Impresión 4 colores	0.50		Offset
13	Corte	Preparación		0.25	
14	Corte	Realizar Corte	0.35		Guillotina
15	Empaque	Preparación		0.25	
16	Empaque	Empacar Etiqueta	1.11		

Fuente: elaboración propia

Tabla CXLIX. **Horas requeridas en cada operación para la elaboración del producto Q, caso práctico 6.7.3**

RESUMEN DE Q

Departamento	Tiempo (Horas)
Arte	8.25
Montaje	7.25
Abastos	1.00
Preparación Materiales	0.25
Offset	1.50
Corte	0.60
Empaque	1.36

Fuente: elaboración propia

Todo lo realizado anteriormente fue para el producto Q y se debe hacer lo mismo para el resto de los productos (etiquetas) que hayan pedido; a continuación se presenta una tabla resumen del trabajo que requieren los diferentes puestos de trabajo, para la elaboración de los diferentes productos en función de horas.

Tabla CL. **Horas requeridas en cada operación para la elaboración de los productos Q, R y S, caso práctico 6.7.3**

Departamento	Q	R	P	S (Urgente)
Arte	8.25	6.25	-	-
Montaje	7.25	7.25	-	-
Abastos	1.00	1.00	1.00	1.00
Prep. Mat.	0.25	1.50	0.50	0.40
Offset	1.50	3.00	2.50	1.60
Corte	0.60	2.33	0.95	0.81
Empaque	1.36	1.92	0.81	0.69

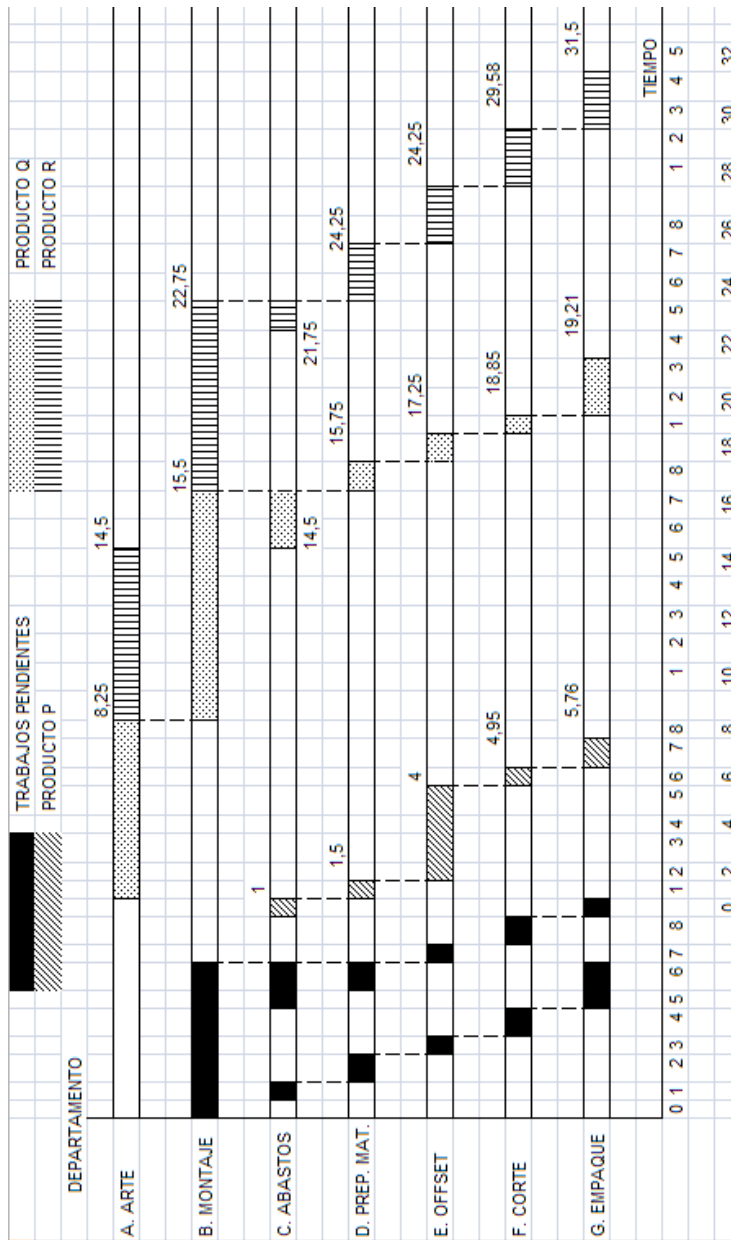
Fuente: elaboración propia

Disponibilidad según pedidos pendientes

Se presenta entonces un diagrama de Gantt con los diferentes pedidos distribuidos en el tiempo, todo ello para estimarlo en forma calendarizada y llevar control para el lanzamiento ordenado de los diferentes puestos de trabajo; se hace alusión en esta parte de los trabajos pendientes de entrega, lo que significa ver de mejor manera la disponibilidad del tiempo para el cumplimiento de los nuevos pedidos (ver en el diagrama siguiente lo sombreado en negrilla como el trabajo pendiente de concluir, los diferentes ashurados representan los pedidos más recientes y los espacios en blanco significan las holguras o tiempo disponible para cualquier trabajo imprevisto). Ver figuras 49, 50 y 51.

Diagrama de Gantt para planificar
Programa básico

Figura 49. Planificación para la fabricación de los productos P, Q y R (sin tomar en cuenta S), caso práctico 6.7.3



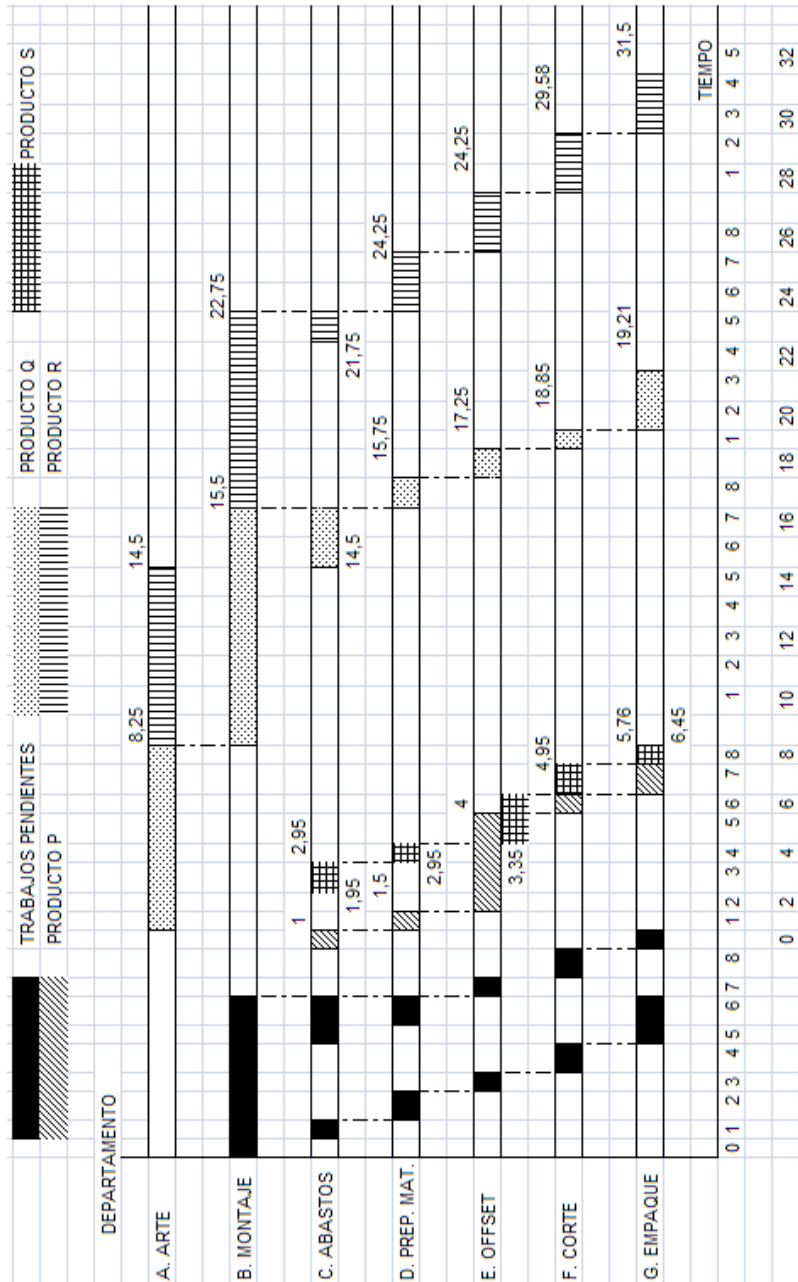
Fuente: elaboración propia

Observamos que en el diagrama anterior (ver figura 49) el pedido de “S” no aparece en el programa hecho el día 31/01; por lo tanto se le busca la posición de la siguiente manera:

- Se hace el plan de trabajo para este producto.
- Para el momento que entra este pedido se está produciendo “P”, por lo que se debe observar cuanta holgura se tienen en los diferentes puestos de trabajo inmediatamente después de que se termina el pedido P, se ve que hay disponibilidad y es aquí donde se ubica el producto S al final de la producción de P, dando marcha atrás con los tiempos que se requieren en cada puesto de trabajo según el plan de trabajo para el producto S.
- Donde hubiera traslape de actividad en un puesto para dos productos se pueden hacer las consideraciones siguientes: Si el tiempo es poco en este traslape, pagar horas extras. Si el tiempo es grande en este traslape y se puede habilitar una estación de trabajo se deben considerar dos turnos; en otro caso se pueden trabajar dos jornadas en este puesto.
- Se procede a colocarlo en el programa básico, quedando entonces el diagrama como se muestra en la página siguiente (ver figura 50).

Diagrama de Gantt para planificar

Figura 50. Planificación para la fabricación de los productos P, Q, R y S, caso práctico 6.7.3



Fuente: elaboración propia

Observaciones importantes

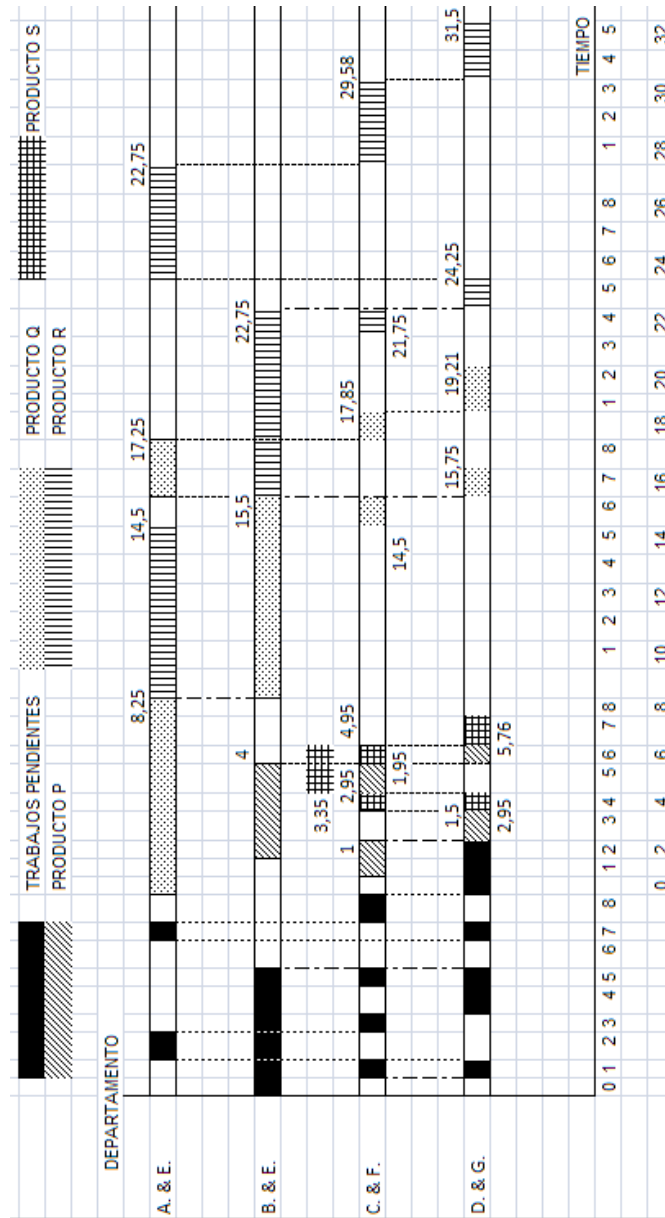
Se puede apreciar en el diagrama anterior que el puesto de trabajo abastos se le puede asignar el trabajo del puesto corte, haciendo de esta manera una sola estación de trabajo; de manera similar se puede agrupar el puesto de preparación de materiales con empaque, reduciendo así de cuatro (4) puestos de trabajo a dos (2) estaciones, con lo que se está balanceando una parte de la línea de producción reduciendo así el tiempo de ocio.

En los puestos de trabajo de arte y montaje sucede un caso particular y es que éstos trabajan únicamente cuando llegan pedidos de artículos nuevos; pero esto aún da la oportunidad de aplicar un pequeño acomodo del trabajo, como sería el que arte y offset fuera una sola estación; lo cual no funciona para algunos pedidos repetidos, pues se tendría un traslape de actividades y para esto se podría considerar este tiempo como extra, de tal manera que se programara en otras horas que no afectaran el cronograma presentado, ya que en producción intermitente no es muy usual el requerimiento de productos repetidos; y la otra alternativa para este caso específico es que el grupo del puesto montaje se encargara del trabajo offset para algunos pedidos repetidos (ver figura 51 en página siguiente).

Todo lo anterior se puede llevar a cabo si se hace la consideración que los lugares de trabajo quedan donde mismo y los únicos que se mueven de un puesto a otro son las personas que laboran en dichos lugares, por otro lado estas personas tienen que saber desempeñar el trabajo de los puestos que se les asigne, o sea que no serán especialistas de un solo puesto.

Diagrama de Gantt para planificar
Diagrama óptimo

Figura 51. Planificación óptima para la fabricación de los productos P, Q, R y S, caso práctico 6.7.3



Fuente: elaboración propia

Lanzamiento ordenado de trabajo

Del diagrama de Gantt óptimo (figura 51) se puede extraer el ordenamiento de las actividades que se desarrollarán para el cumplimiento de cada pedido teniendo en cuenta entonces la secuencia cronológica, dando por origen a la emisión de órdenes de fabricación como las que se describen a continuación para el producto Q. Nótese que las órdenes para los pedidos P, Q & R pueden ser extraídas del primer programa básico (ver diagrama de Gantt programa básico, figura 49).

ORDEN DE TRABAJO	
DEPARTAMENTO: <u>Arte</u>	GUATEMALA, <u>30 DE enero</u>
No. DE ORDEN: <u>R-1</u>	No. DE PEDIDO: <u>506</u> PRIORIDAD <input type="checkbox"/>
CLASE DE TRABAJO: <u>Etiqueta Q</u>	CANTIDAD: <u>5,000</u> unidades
FECHA DE INICIO: <u>01-02</u>	FECHA DE FINALIZACIÓN: <u>01-02</u>
HORA: <u>08:00</u>	HORA: <u>16:15</u>
ORDENADO POR: <u>Gerente Fernando Gago</u>	
OBSERVACIONES: <u>Ver adjunto especificaciones de color</u>	

ORDEN DE TRABAJO	
DEPARTAMENTO: <u>Montaje</u>	GUATEMALA, <u>30 DE enero</u>
No. DE ORDEN: <u>R-1</u>	No. DE PEDIDO: <u>506</u> PRIORIDAD <input type="checkbox"/>
CLASE DE TRABAJO: <u>Etiqueta Q</u>	CANTIDAD: <u>5,000</u> unidades
FECHA DE INICIO: <u>01-02</u>	FECHA DE FINALIZACIÓN: <u>02-02</u>
HORA: <u>16:15</u>	HORA: <u>14:30</u>
ORDENADO POR: <u>Gerente Fernando Gago</u>	
OBSERVACIONES: <u>Ver adjunto especificaciones de color</u>	

ORDEN DE TRABAJO O LANZAMIENTO ORDENADO

DEPARTAMENTO: Abastos GUATEMALA, 30 DE enero
No. DE ORDEN: R-1 No. DE PEDIDO: 824 PRIORIDAD
CLASE DE TRABAJO: Etiqueta Q CANTIDAD: 5,000 unidades
FECHA DE INICIO: 02-02 FECHA DE FINALIZACIÓN: 02-02
HORA: 13:30 HORA: 14:30
ORDENADO POR: Gerente Fernando Gago
OBSERVACIONES: Ver adjunto especificaciones de color

ORDEN DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Prep. De Mat. GUATEMALA, 30 DE enero
No. DE ORDEN: R-1 No. DE PEDIDO: 824 PRIORIDAD
CLASE DE TRABAJO: Etiqueta Q CANTIDAD: 5,000 unidades
FECHA DE INICIO: 02-02 FECHA DE FINALIZACIÓN: 02-02
HORA: 14:30 HORA: 14:45
ORDENADO POR: Gerente Fernando Gago
OBSERVACIONES: Ver adjunto especificaciones de color

ORDEN DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Offset GUATEMALA, 30 DE enero
No. DE ORDEN: R-1 No. DE PEDIDO: 824 PRIORIDAD
CLASE DE TRABAJO: Etiqueta Q CANTIDAD: 5,000 unidades
FECHA DE INICIO: 02-02 FECHA DE FINALIZACIÓN: 02-02
HORA: 14:45 HORA: 16:15
ORDENADO POR: Gerente Fernando Gago
OBSERVACIONES: Ver adjunto especificaciones de color

ORDEN DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Corte GUATEMALA, 30 DE enero
No. DE ORDEN: R-1 No. DE PEDIDO: 824 PRIORIDAD
CLASE DE TRABAJO: Etiqueta Q CANTIDAD: 5,000 unidades
FECHA DE INICIO: 02-02 FECHA DE FINALIZACIÓN: 02-02
HORA: 16:15 HORA: 16:50
ORDENADO POR: Gerente Fernando Gago
OBSERVACIONES: Ver adjunto especificaciones de color

ORDEN DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Empaque GUATEMALA, 30 DE enero
No. DE ORDEN: R-1 No. DE PEDIDO: 506 PRIORIDAD
CLASE DE TRABAJO: Etiqueta Q CANTIDAD: 5,000 unidades
FECHA DE INICIO: 01-02 FECHA DE FINALIZACIÓN: 05-02
HORA: 16:50 HORA: 09:15
ORDENADO POR: Gerente Fernando Gago
OBSERVACIONES: Ver adjunto especificaciones de color

Dado que las órdenes ya se habían girado para cuando llegó el pedido “S”, éste se tuvo que acomodar de mejor manera a la planificación ya existente; esto significa que de la misma forma como se hizo el lanzamiento ordenado para el producto Q, se hizo para el producto P y para el R, no así para el S el cual da inicio de la siguiente manera:

ORDEN DE TRABAJO	
DEPARTAMENTO: <u>Abastos</u>	GUATEMALA, <u>01</u> DE <u>febrero</u>
No. DE ORDEN: <u>R-1</u>	No. DE PEDIDO: <u>826</u> PRIORIDAD A
CLASE DE TRABAJO: <u>Etiqueta S</u>	CANTIDAD: <u>2,500</u> unidades
FECHA DE INICIO: <u>01-02</u>	FECHA DE FINALIZACIÓN: <u>01-02</u>
HORA: <u>09:57</u>	HORA: <u>10:57</u>
ORDENADO POR: <u>Gerente Fernando Gago</u>	
OBSERVACIONES: <u>Ver adjunto especificaciones de color</u>	

6.8 Práctica No. 8 Planificación y control de inventarios

6.8.1 Conceptos generales del control de inventarios

Dentro de los objetivos del manejo de materiales puede destacarse el estimar las políticas externas para el reabastecimiento, fundamentar criterios de decisión en cuanto a cantidades y tiempo de requisiciones, determinar la importancia de tener existencias mínimas y máximas y optimizar los costos de materia prima en bodega.

Un buen manejo de materiales contempla la siguiente información:

- ✓ Demanda
- ✓ Costos de materia prima (todos los costos)
- ✓ Tiempos de entrega
- ✓ Ritmo de la línea
- ✓ Reprocesos
- ✓ Cambios en tecnología

✓ Formas de producción

En el manejo de materiales e inventarios se deben conocer y aplicar los siguientes conceptos:

- Existencia inicial: sirve de punto de partida para el manejo de inventarios.
- Cobertura: se le llama también “Línea Teórica de Consumo”, proporciona una idea del consumo programado de materia prima que se moviliza en el tiempo hasta llegar a cero. La fórmula para calcular la cobertura es la siguiente:

$$L.T.C. = \frac{\textit{Existencia} * \textit{No. de períodos}}{\textit{Planificado}}$$

- Nivel de reorden: es la cantidad en existencia de materia prima que da la pauta para que se haga la requisición u orden de compra, se calcula de la siguiente manera:

$$N.R. = \frac{\textit{Planificado} * \textit{Política de Reorden}}{\textit{No. de períodos}}$$

- Stock mínimo: es la cantidad de materia prima mínima en existencia. El stock mínimo garantiza una cantidad que hiciera falta en producción al momento que no llegara el pedido. La forma de calcularlo es la siguiente:

$$\textit{Stock Mínimo} = \frac{\textit{Planificado} * \textit{Política de Stock mínimo}}{\textit{No. de Períodos}}$$

- Cantidad optima de pedido: es la cantidad que se necesita exactamente para garantizar la producción en un tiempo estimado. Se calcula como sigue:

$$Q_{Opt} = N.R_{Real} + 2.5 * S_{min} + K$$

Donde:

$$N.R_{Real} = N.R. + S_{min}$$

$$K = N.R_{Real} - Existencia$$

- Planificado: es la cantidad total de materia prima que se ha estimado para un ciclo determinado.
- Política de reorden: se le llama así al tiempo promedio que resulta de la duración de los pedidos hechos anteriormente, tal duración se considera desde la fecha en que se realiza el pedido hasta que llega la materia prima. Se procede a calcularla de la siguiente manera:

$$Política\ de\ Reorden = \frac{\sum Tiempos\ por\ pedido}{No.\ de\ Pedidos}$$

- Política de stock mínimo: es la diferencia que hay en el tiempo más grande en la entrega de un pedido y la política de reorden, se calcula de la siguiente manera:

$$PS_{min} = Tiempo\ máximo - Política\ de\ Reorden$$

6.8.2 Caso práctico

Los ingredientes y sus respectivas cantidades que sirven para producir un Batch del producto X son las siguientes (ver tabla CLI).

Tabla CLI. **Requerimientos de los materiales que se necesitan para la elaboración de un Batch del producto “X”, caso práctico 6.8.2**

Ingredientes	Cantidad (Kg.)	%
Goma base	84	60
Glucosa	14	10
Azúcar	21	15
Almidón	8.4	6
Sabores Naturales	7	5
Cera	4.2	3
Preservantes	1400 ml = 1.4	1

Fuente: elaboración propia

Cada Batch rinde un total de 10 unidades. La planificación para 6 períodos se fija de la siguiente manera, tomando en cuenta que la eficiencia de X es de 12 unidades/hora.

Se procede a calcular la planificación de X de la siguiente manera:

Enero

$$127 \text{ horas} * \frac{12 \text{ unidades}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ batch}}{10 \text{ unidades}} = 152.4 \text{ batches}$$

Y así sucesivamente se calcula para los siguientes meses, por lo tanto tenemos la siguiente tabla (ver tabla CLII). Nótese que las horas que aparecen

en la primera fila de la tabla son las horas disponibles por mes para elaborar el producto X, es un dato del problema.

Tabla CLII. Cantidad de unidades a producir del producto “X” según la disponibilidad de horas para los meses de enero a junio, caso práctico

6.8.2

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Horas	127	135	138	132	124	124	780
Unidades	1524	1620	1656	1584	1488	1488	9360
Batch	152.4	162	165,6	158.4	148.8	148.8	936

Fuente: elaboración propia

Se sabe también que el proveedor se ha tardado en los tiempos de entrega de cada pedido, la información se muestra en la tabla siguiente (ver tabla CLIII).

Tabla CXLIII. Tiempo promedio de entrega de materia prima por el proveedor en los últimos cuatro pedidos, Caso Práctico 6.8.2

Pedido	Tiempo de Entrega (meses)
1	2.00
2	1.80
3	2.90
4	2.10

Fuente: elaboración propia

Se le solicita que establezca los criterios de inventario para la “goma base” que sirve para la elaboración del producto X. Se sabe que el inventario físico inicial de la goma base es de 33,415 Kg.

Solución

Primero procederemos a calcular los requerimientos de materiales para cada uno de los seis meses planificados, calcularemos los requerimientos de los siete materiales que se necesitan para fabricar el producto X de la siguiente manera:

Enero

Goma base

1 Batch _____ 84 Kg.

152.4 Batch _____ X → X = 12,801.6 Kg

Glucosa

1 Batch _____ 14 Kg.

152.4 Batch _____ X → X = 2,133.6 Kg.

Y así sucesivamente obteniendo los siguientes requerimientos para el mes de enero:

Azúcar 3,200.40 Kg.

Almidón 1,280.16 Kg.

S. Naturales 1,066.80 Kg.

Cera 640.08 Kg.

Preservantes 213.36 Kg.

De la misma manera se procede a calcular los requerimientos de materiales para los siguientes meses quedando de la siguiente manera (ver tabla CLIV).

Tabla CLIV. **Requerimientos para la elaboración del producto “X”, caso práctico 6.8.2**

Ingrediente	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Goma base	12801,60	13608,00	13910,40	13305,60	12499,20	12499,20	78624
Glucosa	2133,60	2268,00	2318,40	2217,60	2083,20	2083,20	13104
Azúcar	3200,40	3402,00	3477,60	3326,40	3124,80	3124,80	19656
Almidón	1280,16	1360,80	1391,04	1330,56	1249,92	1249,92	7862,40
Sabores Naturales	1066,80	1134,00	1159,20	1108,80	1041,60	1041,60	6552
Cera	640,08	680,40	695,52	665,28	624,96	624,96	3931,20
Preservantes	213,36	226,80	231,84	221,76	208,32	208,32	1310,40

Fuente: elaboración propia

A continuación tomaremos la cantidad total de kilogramos que se requieren de goma base para los próximos seis meses como “planificado”, el cual asciende a 78,624 Kg.; este dato nos permitirá calcular los niveles óptimos de stock, cobertura, niveles de reorden, stock mínimo y cantidades óptimas de pedido para este material. Por lo tanto, procedemos a calcular las políticas necesarias para este material como sigue:

Existencia Inicial

El problema nos especifica que la existencia inicial para la goma base es de 33,415 Kg.

Línea Teórica de Consumo ó Cobertura

$$L.T.C. = \frac{33415Kg * 6 meses}{78624Kg} = 2.55 meses$$

Política de Reorden

$$Política de Reorden = \frac{2 + 1.8 + 2.9 + 2.10}{4} = 2.2 meses$$

Nivel de Reorden

$$NR = \frac{78624 Kg * 2.2 meses}{6 meses} = 28,828.8 \approx 28,829 Kg.$$

Política de Stock Mínimo

$$P S_{min} = 2.90 - 2.2 = 0.7 meses$$

Stock Mínimo

$$Stock_{min} = \frac{78624 Kg * 0.7 meses}{6 meses} = 9,172.8 \approx 9,173 Kg.$$

Cantidad Óptima

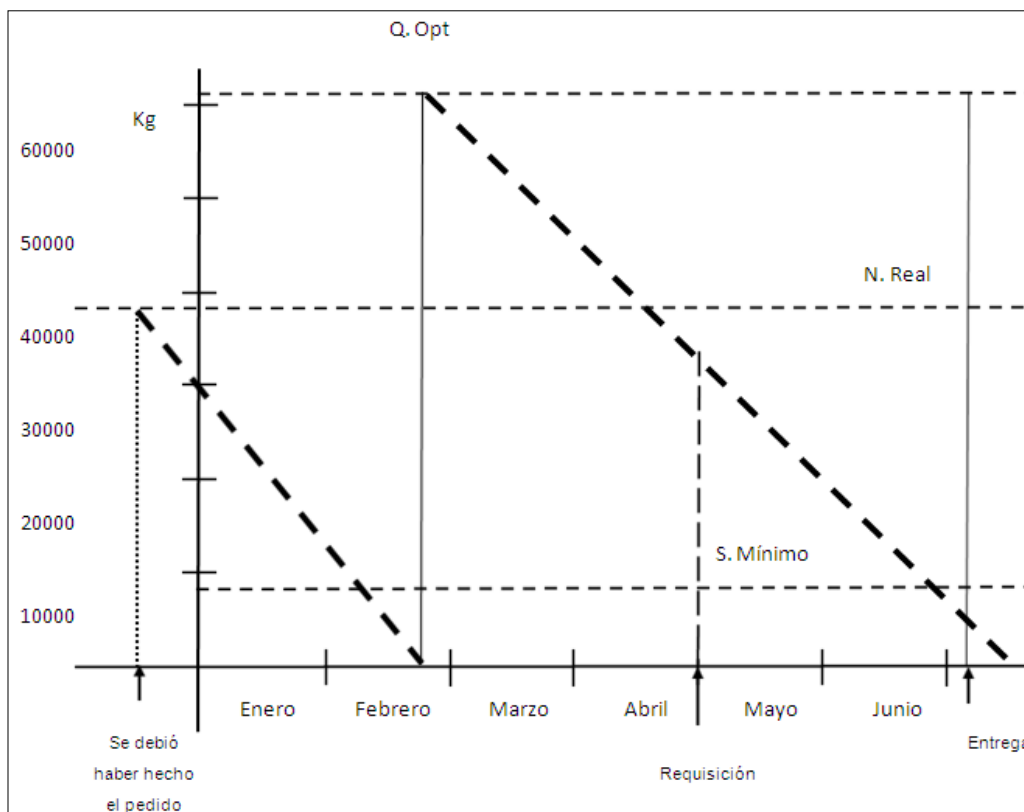
$$NR_{Real} = 28,829 + 9,173 = 38,002 Kg.$$

$$K = 38,002 - 33,415 = 4,587 Kg.$$

$$Q_{opt} = 38,002 + 2.5(9,173) + 4,587 = 65,521.5 \approx 65,522 \text{ Kg.}$$

Ya teniendo las políticas y cantidades óptimas establecidas de la goma base, podemos graficar toda esta información para tener una idea más clara de cómo manejar este material, la gráfica queda de la forma siguiente (ver figura 52).

Figura 52. **Gráfica de control de inventario para la materia “goma base”, caso práctico 6.8.2**



Fuente: elaboración propia

Entonces, el plan de pedidos y entregas queda de la siguiente manera (ver tabla CLV).

Tabla CLV. Plan de pedidos y entregas para la materia prima del producto “X” según el análisis de inventarios realizado, caso práctico

6.8.2

Requisición	Dic. 20		Abril 30	
Entrega		Febrero 24		Julio 08

Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, con la información anterior podemos concluir lo siguiente: no se tenía ninguna información del último pedido o requisición de la materia goma base, pero se esperaba que la persona que estaba a cargo la solicitara en la fecha aproximada al 20 de diciembre. Con respecto al pedido del 30 de abril, se debe tener la cantidad que se fuera a requerir en los meses siguientes al mes de junio, por lo tanto, se debe tener ya planificado un próximo ciclo con un número de pedidos conocido.

6.9 Práctica No. 9 Programación de la producción

6.9.1 Generalidades

La persona que se encarga de planificar debe ser la misma o debe tener mucho contacto con la que se dedique a programar la producción, ya que debe conocer toda la información con lujo de detalle de lo que se ha estimado uno del otro. Para estas personas se convierte en necesidad el saber la capacidad total de producción en base al equipo, maquinaria, mano de obra e inventario del que se dispone para llegar a un plan y programa de producción. Por esto es que para llevar a cabo una buena labor en la programación, el encargado de dicha actividad debe estar familiarizado con todo el proceso productivo que tenga la empresa.

En control de la producción son empleadas diferentes técnicas y específicamente para programación, se pueden aplicar los métodos de transporte, asignación, simplex, CPM, PERT y otros que se pueden reducir a programación lineal. Cuando se habla de programación en la producción se está diciendo que todo el proceso productivo se basará al factor tiempo, haciendo que todas las partes que la integren se entrelacen y formen un sistema con una precisión de sincronización formidable.

6.9.2 Método de índices

Es una técnica cuya finalidad es asignar una carga de trabajo a las máquinas que se tengan destinadas al proceso productivo, por eso es que la información que se reciba antes de realizar una programación, debe ser exacta o deben ser datos informativos de alta calidad, porque los datos malos pueden ocasionar una desviación en la programación. Aquí se puede llegar a la asignación del trabajo hombre-máquina, producto-máquina, tiempo-hombre, tiempo-máquina, etc.; siempre es aconsejable que la programación se ajuste a la demanda estimada o a los lotes de producción establecidos previamente, aunque las máquinas se pueden poner a trabajar en forma continua.

Éste método tiene entonces por objetivo, minimizar los costos totales en la buena asignación de órdenes de trabajo cuando se tiene el proceso de varios productos y varias máquinas que pueden hacer el mismo trabajo pero con diferente eficiencia.

El índice o indicador lo que hace es tomar de base una máquina cuya eficiencia es mayor que otras para el mismo producto, dando la idea que el trabajo que hace la más eficiente lo puede hacer la más lenta en una fracción de tiempo igual al índice de la más lenta menos el índice de la más eficiente.

Luego se hace la consideración que el costo de hacer un trabajo varía directamente en proporción al tiempo que se emplee para lograrlo, se está indicando la necesidad de asignar en forma óptima, he aquí entonces el por qué este método dirige la atención o indica qué o cuál máquina conviene asignar si es que hay disponibilidad para ello.

6.9.3 Caso práctico

La empresa “ARKHAM”, produce y distribuye tres diferentes productos (A – B – C), los cuales llevan un proceso de embalaje que se efectúa en su departamento de empaque, utilizando para ello dos maquinas (1 – 2) que pueden efectuar el trabajo indistintamente del tipo de producto que se trate. Para el mes de octubre de 2010, el departamento de producción tiene las siguientes órdenes de trabajo:

- Orden 1 (producto A) = 4,400 unidades;
- Orden 2 (producto B) = 6,800 unidades;
- Orden 3 (producto C) = 7,500 unidades.

Se tienen las siguientes eficiencias (en unidades/hora) para las máquinas 1 y 2 respectivamente (ver tabla CLVI).

Tabla CLVI. **Eficiencias para fabricar los productos A, B y C, caso práctico 6.9.3**

	A	B	C
Maquina 1	60	50	40
Maquina 2	55	80	65

Fuente: elaboración propia

Se trabaja una jornada diurna especial. La maquina 2 tiene planificado un programa de mantenimiento preventivo del 25 al 26 de Octubre de 2010, mientras que la maquina 1 se encuentra disponible durante todo el mes. Se pide programar la producción para el mes correspondiente utilizando el método de índices.

Solución

Disponibilidad de horas durante el mes de octubre de 2010:

Lunes a Jueves =	15 días * 9 hr =	135 horas	
Viernes =	5 días * 8 hr =	40 horas	
		<hr/>	
		175 horas	Total disponible

Mantenimiento preventivo (25 al 26 de octubre de 2010) = 18 horas

Disponibilidad Maquina 1 = 175 horas

Disponibilidad Maquina 2 = 157 horas

De acuerdo a la información presentada anteriormente, la programación de la producción empleando el método de índices queda de la siguiente manera:

Tabla CLVII. Programación de las órdenes de trabajo utilizando el método de índices, caso práctico 6.9.3

Orden de trabajo 1		Maquina 1			Maquina 2		
PRODUCTO	CANTIDAD	Eficiencia	Indice	Requerido	Eficiencia	Indice	Requerido
A	4400	60	1	74 horas	55	1.08	80 horas
		Disponibilidad inicial	→	175 horas	Disponibilidad inicial	→	157 horas
		Programado	→	74 horas	Programado	→	---
		Disponibilidad final	→	101 horas	Disponibilidad final	→	157 horas
Orden de trabajo 2		Maquina 1			Maquina 2		
PRODUCTO	CANTIDAD	Eficiencia	Indice	Requerido	Eficiencia	Indice	Requerido
B	6800	50	1.60	136 horas	80	1	85 horas
		Disponibilidad inicial	→	74 horas	Disponibilidad inicial	→	157 horas
		Programado	→	---	Programado	→	85 horas
		Disponibilidad final	→	74 horas	Disponibilidad final	→	72 horas
Orden de trabajo 3		Maquina 1			Maquina 2		
PRODUCTO	CANTIDAD	Eficiencia	Indice	Requerido	Eficiencia	Indice	Requerido
C	7500	40	1.63	188 horas	65	1	115 horas
		Disponibilidad inicial	→	---	Disponibilidad inicial	→	85 horas
		Programado	→	71 horas	Programado	→	85 horas
		Disponibilidad final	→	30 horas	Disponibilidad final	→	---

Fuente: elaboración propia

La programación de la producción para las órdenes 1, 2 y 3 para los productos A, B y C queda de la siguiente forma:

Orden 1 (A) máquina 1 = 4,400 unidades

Orden 2 (B) máquina 2 = 6,800 unidades

Orden 3 (C) máquina 3 = 2,820 unidades

Orden 3 (C) máquina 3 = 4,680 unidades

Teniendo un tiempo restante disponible en la máquina 1 de 30 horas.

6.9.4 Regla de Johnson

Esta es una técnica que se emplea cuando se tiene la problemática de asignar secuencias en la ejecución de un trabajo que para ello necesita se

realicen varias actividades en una misma etapa de producción, asociando una tras otra.

Es usual utilizar este método también, en el caso de tener varias órdenes de trabajo y que para ello se disponga de un número de máquinas conectadas en forma consecutiva y que cada una tenga que realizar un número determinado de actividades.

La conceptualización de esta técnica, se reduce a considerar el simple proceso de asignar primero la actividad más eficiente si se trata del departamento o máquina de primer orden, de lo contrario si se tratara que la mejor eficiencia está en el departamento o máquina de segundo orden, esta actividad debe asignarse de último; este proceso se repite hasta tener todas las actividades asignadas o determinadas en secuencia.

Se puede presentar el caso que tengan la misma eficiencia dos actividades en una misma máquina, para esto se debe tomar en cuenta la mejor eficiencia en la máquina siguiente para hacer la asignación primero. Otro caso es cuando las dos máquinas o departamentos que se analizan tienen la misma eficiencia o requieren de un mismo tiempo para una actividad en tal caso, se elige la máquina al azar.

6.9.5 Caso práctico

El taller “El esfuerzo” tiene cinco órdenes de trabajo que procesa en dos distintas maquinas-herramientas (fresadora y torno). El tiempo para procesar cada orden se muestra a continuación (ver tabla CLVIII).

Tabla CLVIII. **Tiempos de fabricación (en horas) para el taller “El esfuerzo”, caso práctico 6.9.5**

Orden Trabajo	Centro de trabajo 1 Fresadora (horas)	Centro de trabajo 2 Torno (horas)
A	5	2
B	3	6
C	8	4
D	10	7
E	7	12

Fuente: elaboración propia

Se desea establecer una secuencia que minimice el tiempo total de procesamiento de las cinco órdenes de trabajo aplicando la Regla de Johnson.

Solución

Los tiempos de ejecución de cada orden de trabajo en las dos máquinas se muestran en la tabla CLVIII. El trabajo con el tiempo de procesamiento más corto es A, en el centro de trabajo 2, con un tiempo de fabricación de 2 horas. Como el tiempo de procesamiento está en el segundo centro, A se programa al final de la secuencia de la producción (A se elimina de la lista).

				A
--	--	--	--	----------

La orden de trabajo B tiene el siguiente tiempo más corto (3 horas). Como este se encuentra en el primer centro de trabajo, se programa al principio de la secuencia y se elimina de la lista.

B				A
----------	--	--	--	----------

El siguiente tiempo más corto corresponde a la orden de trabajo C (4 horas) en la siguiente máquina. Por lo tanto, se coloca lo más tarde posible.

B			C	A
----------	--	--	----------	----------

Existe un empate de 7 horas en la siguiente orden de trabajo más corta. Se puede colocar la orden E, cuyo tiempo de procesamiento más corto estaba en el primer centro de trabajo, lo más pronto posible (después de B) para luego dejar a la orden D en la posición restante del centro de secuencia de producción.

B	E	D	C	A
----------	----------	----------	----------	----------

Los tiempos de la secuencia (B-E-D-C-A) se detallan en la tabla CLIX.

Tabla CLIX. **Tiempos de fabricación según el método de Johnson, caso práctico 6.9.4**

	B	E	D	C	A
Centro de trabajo 1	3	7	10	8	5
Centro de trabajo 2	6	12	7	4	2

Fuente: elaboración propia

la naturaleza, cambios de humor y cambios biológicos, tales como el cambio de día y noche, el clima, cambios en el estado físico y mental de la persona provocados por el cansancio, sueño, estrés, secreción de hormonas, etc. Todos estos cambios afectan el desempeño de la persona. Cuando hablamos del desempeño de una persona a la hora de realizar una tarea, por ejemplo, cuando en una empresa o planta se necesita realizar una planificación del personal para manejar máquinas y equipo de producción, es necesario conocer su estado físico y mental para saber con certeza si serán capaces de cumplir con su trabajo realizando un buen desempeño del mismo; es por ello que es necesario conocer el Bioritmo de cada una de ellas. Como se mencionó anteriormente, el Bioritmo comprende el estudio de tres ciclos biológicos que influyen en las personas, los cuales tienen su origen en la fecha de nacimiento de la persona en cuestión. Los tres tipos de Bioritmos o ciclos son los siguientes:

- Físico: este ciclo comprende un período de 23 días, muestra las fases positivas, de equilibrio y negativas de nuestra actividad física, es decir, muestra los días que son favorables para realizar una actividad física.
- Emocional: comprende un período de 29 días, muestra los distintos cambios de humor, nuestras relaciones con otras personas, nuestra creatividad y emotividad, en períodos positivos las personas nerviosas son a veces más calmadas o viceversa.
- Intelectual: este ciclo está comprendido en un período de 33 días, actúa sobre la creatividad intelectual que posee cada persona, muestra los períodos positivos o negativos para realizar un examen o prueba intelectual.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, notamos que cada ciclo comprende un período distinto de duración el cual es conocido como “amplitud del ciclo” y puede representarse como una curva con función senoidal, esto es

debido a que los períodos son repetitivos y cíclicos. La primera mitad de la gráfica se considera como la parte “positiva” de una persona, y de la misma manera, la segunda parte o parte final se conoce como la parte “negativa”. Como bien sabemos, la amplitud de la curva senoidal tiene una amplitud que comprende un rango desde +1 hasta -1. Para conocer el dato puntual sobre la amplitud de cada curva, podemos emplear la siguiente ecuación:

$$\textit{Amplitud} = \textit{Seno} \frac{(360 * \# \textit{ de días después del nacimiento})}{\textit{ciclo}}$$

El número de días después del nacimiento se refiere a la cantidad de días contados desde esa fecha hasta la fecha en la cual se desea iniciar la tarea en cuestión. Entonces, con la fórmula anterior es posible conocer el ritmo biológico de una persona realizando un promedio de los tres ciclos obtenidos. Este dato es de vital importancia cuando se busca que una persona cumpla con una tarea que requiera un esfuerzo físico, emocional e intelectual, respectivamente, para así elegir al candidato idóneo para cumplir con dicha tarea. De igual manera, se puede planificar al personal para una línea de producción donde se requiera un nivel alto de eficiencia, separando a las personas que muestren un ritmo biológico positivo, así como también asignar a otras personas que muestren un ritmo biológico inferior a otras tareas, ya que este procedimiento de programación se fundamenta en la actitud que presentan los operarios en un determinado momento; lo cual se verá reflejado en el rendimiento de actividad que estén manejando desempeñando.

6.9.7 Caso Práctico

En la línea de producción de la empresa “H&K, S.A.”, se necesita programar al personal operativo en la semana del 11 al 15 de octubre de 2010 y que labore con la mejor eficiencia posible. El cuello de botella se localiza en una

de las maquinas y necesitamos elegir entre tres operadores disponibles que la puedan manejar en igualdad de condiciones. Utilizar la técnica de Biorritmo para asignar al operario más idóneo. Se tienen los datos de los operadores con su respectiva fecha de nacimiento.

- Carlos Ramírez → 5 de septiembre de 1975;
- Oscar Hernández → 15 de octubre de 1981;
- José Aguilar → 11 de junio de 1984.

Solución

Aplicando la fórmula de la amplitud tenemos:

$$\text{Amplitud} = \text{Seno} \frac{(360 * \# \text{ de días después del nacimiento})}{\text{ciclo}}$$

Ciclo físico = 23 días

Ciclo emocional = 28 días

Ciclo intelectual = 33 días

Carlos Ramírez:

$$\text{Ciclo físico} = \text{sen} ((360 * 12811) / 23) = 0$$

$$\text{Ciclo emocional} = \text{sen} ((360 * 12811) / 28) = - 0.2225$$

$$\text{Ciclo intelectual} = \text{sen} ((360 * 12811) / 233) = 0.9718$$

$$\text{Media} = (0 - 0.2225 + 0.9718) / 3 = 0.2498$$

Oscar Hernández:

$$\text{Ciclo físico} = \text{sen} ((360 * 10581) / 23) = 0.2697$$

$$\text{Ciclo emocional} = \text{sen} ((360 * 10581) / 28) = - 0.6236$$

$$\text{Ciclo intelectual} = \text{sen} ((360 \cdot 10581) / 233) = - 0.7557$$

$$\text{Media} = (0.2697 - 0.6236 - 0.7557) / 3 = - 0.3699$$

José Aguilar:

$$\text{Ciclo físico} = \text{sen} ((360 \cdot 9612) / 23) = - 0.5197$$

$$\text{Ciclo emocional} = \text{sen} ((360 \cdot 9612) / 28) = 0.975$$

$$\text{Ciclo intelectual} = \text{sen} ((360 \cdot 9612) / 233) = 0.9898$$

$$\text{Media} = (-0.5197 + 0.975 + 0.9898) / 3 = 0.4817$$

Análisis: al observar los datos anteriores, podemos concluir que el señor José Aguilar es la persona idónea para programar en la máquina en donde se localiza el cuello de botella, debido a que su ritmo biológico estará en la mejor predisposición (con relación a los otros dos trabajadores), con un valor de 0.4817.

6.10 Práctica No. 10 Teoría de restricciones

6.10.1 Características generales

La teoría de restricciones puede definirse como un conjunto de procesos del pensamiento que emplea la lógica de la causa-efecto para comprender lo que sucede y así hallar maneras de mejorar. Se basa en el hecho de que los procesos que son multitarea, solamente se mueven a la velocidad del más lento. Entonces, esta teoría se enfatiza en un factor limitante, estos factores son mejores conocidos como “restricciones” o “cuellos de botella”. Lo que busca esta teoría es hacer que el proceso más lento trabaje a su mayor capacidad, llevarlo hasta su límite para acelerar el proceso completo. Entonces, la teoría de restricciones o *Theory of Constraints* –TOC- (por sus siglas en inglés), busca dar un enfoque sistémico que permita ejercer un control

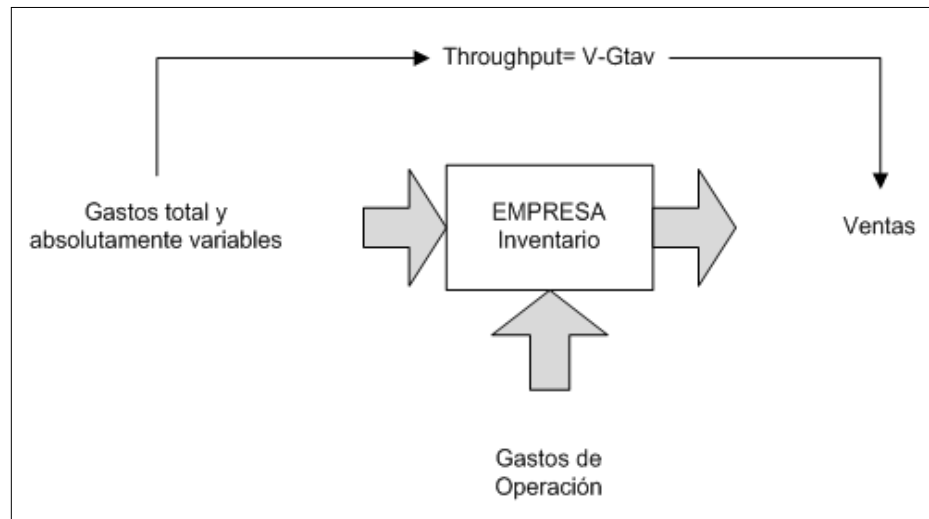
genuino, concentrando su atención en aquellos puntos que gobiernan al sistema: sus restricciones. Para la TOC, una restricción dentro de una empresa, es todo aquello que nos impide, sistemáticamente, lograr más beneficios. Podemos notar que al mencionar la palabra “restricción” lo tomemos como algo negativo, pero este enfoque trata la forma de verlas como algo positivo, se requiere entonces, que seamos capaces de identificarlas correctamente, ya que cuando no se hace, estas pueden hacer que perdamos el control y ocasionar que el sistema se desestabilice. La TOC se presenta como una herramienta que nos permite construir y transmitir de forma eficaz, soluciones simples para cualquier tipo de sistema u organización humana.

6.10.2 Enfoque de la teoría de restricciones

La teoría de restricciones propone ver a la empresa como un sistema, y para ello, debemos identificar tres factores fundamentales para poder evaluar el impacto de cualquier acción en relación con la meta de la empresa (ver figura 54 en la página siguiente). Estos indicadores son:

- Throughput (T): traducido al español, es el rendimiento ó la velocidad a la que el sistema es capaz de generar dinero a través de las ventas.
- Inventario (I): se refiere a todo el dinero que ha sido invertido en el sistema para generar Throughput.
- Gastos de Operación (GO): es todo el dinero que el sistema tiene que gastar para generar el Throughput.

Figura 54. Factores que afectan a la empresa analizada desde el punto de vista de la teoría de restricciones



Fuente: elaboración propia

6.10.3 Tipos de restricciones

Como pudimos notar anteriormente, para poder lograr un aumento en la generación de beneficios para una empresa, es necesario localizar la restricción y trabajar en ella, explotarla primero y luego elevándola. Cuando nos referimos a elevar una restricción, es cambiarla de lugar, es decir, que es conveniente hacer mejoras en otra parte del sistema, ya que ahora éste último es quien produce la generación de utilidades. Con lo anterior, podemos llegar a la conclusión, de que, una empresa no alcanzará su meta mientras la restricción no haya sido mejorada. Podemos distinguir dos tipos de restricciones:

- a) Restricciones físicas: una empresa representa una secuencia o cadena de eventos, cuya existencia implica que existan recursos dependientes, es decir, que una actividad no puede realizarse antes que su anterior; y

también existen las fluctuaciones estadísticas, las cuales afectan el flujo del producto a través de los recursos. Entonces, esta realidad se presenta en por lo menos tres áreas: Abastecimiento, Operaciones y Mercado.

Lo que se busca entonces, es proteger al flujo, balancearlo en todo momento, es decir, en la reducción de los tiempos de fabricación y el cumplimiento de las fechas de entrega. Para llevar esto a cabo, es necesario tener un mínimo de inventario en proceso, con ello se evita dar trabajo a los recursos ociosos, sólo por el hecho de mantener altos niveles de eficiencia. Vale la pena decir que un recurso ocioso no es siempre un desperdicio para el sistema.

TOC ha desarrollado, en el caso de las restricciones físicas, una serie de cinco pasos que ayudaran a la organización a alcanzar su meta, estos son:

- ✓ Identificar la restricción;
- ✓ Decidir como explotarla;
- ✓ Subordinar todo lo demás a esta decisión;
- ✓ Elevar la restricción;
- ✓ Si en algún paso anterior se ha roto la restricción, se debe volver al primer paso.

Esta secuencia de pasos sirve para cumplir el objetivo de explotar económicamente nuestras restricciones del tipo físico, pero para lograr una meta aún mayor, es necesario contar con una metodología para solucionar las restricciones de política, ya que éstas son las más comunes en cualquier empresa y las que tienen un mayor impacto estratégico en corto, mediano y largo plazo.

b) Restricciones de política: las herramientas de TOC que nos permiten abordar este tipo de restricciones son de naturaleza sistémica; tales restricciones parten de los siguientes supuestos:

- Que la mayoría de personas de una organización, en cada área y nivel son conocedoras de sus problemas locales;
- Estas personas tienen ideas y conocimientos muy concretos para brindar soluciones y aplicarlas a estos problemas locales;
- A veces este tipo de soluciones entran en conflicto con soluciones locales de las personas de otras áreas.

La TOC dispone entonces, de cinco herramientas para tratar las Restricciones de Política, estas son:

- Árboles de realidad actual: esta técnica se emplea para detectar los problemas medulares. Estos pueden ser pocos, pero en su mayoría representan a las restricciones políticas y son responsables por los efectos indeseables que se observan en las organizaciones.
- Evaporación de nubes: esta técnica sirve para la generación de simples soluciones que son efectivas a conflictos, sin apelar a compromisos.
- Árboles de realidad futura: técnica que funciona para evaluar la solución, encuentra ramas que son negativas y su forma para neutralizarlas.
- Árboles de prerequisites: esta técnica se emplea para identificar y relacionar obstáculos que se encontrará cuando se implemente una solución, debido a que cada solución plantea su propia realidad.

- Árboles de transición: es una técnica en la que se da origen a la táctica que nos permitirá que la solución que obtuvimos pueda ser implementada con éxito. Aquí se cuantifican las necesidades tanto económicas como los beneficios obtenidos definiendo el plan de acción.

6.10.4 Indicadores del desempeño en la TOC

Como bien señalamos anteriormente, algunas restricciones para cualquier sistema pueden ser personas, equipos, herramientas, materiales, etc., es por ello que en cualquier empresa u organización existe cualquier tipo de restricciones que impiden cumplir la meta de la misma, generar ganancias. Entonces, si se parte de esta afirmación, una empresa busca alcanzar distintos objetivos, entre ellos el generar fuentes de trabajo, emplear materias primas de calidad para elaboración de productos que le permitan incrementar su participación en el mercado; por lo tanto es necesario medir el desempeño de la organización mediante la aplicación de dos indicadores: uno desde el punto de vista financiero y el otro desde el punto de vista operativo.

Los indicadores operativos son los siguientes:

- Producción: se refiere a los bienes vendidos o productos terminados, es el ritmo al cual el sistema es capaz de generar ingresos por medio de las ventas (*Throughput*).
- Gastos operativos: serán todos los desembolsos que se realizarán para la transformación de la materia prima en el producto que se venderá.
- Inventario: es todo el dinero que el sistema invirtió para comprar lo que se pretende vender.

Entonces, los gastos operativos incluyen: la mano de obra directa en indirecta, el costo de mantenimiento del inventario, materiales y suministros, etc. Desde el punto de vista operativo, la meta de la empresa se puede traducir en el incremento de la producción mediante la reducción de inventarios y gastos operativos.

El otro punto de vista financiero incluye los siguientes indicadores:

- a) Utilidades netas: Es la medida absoluta en términos monetarios, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Utilidad Neta} = \text{Throughput} - \text{Gastos Operativos}$$

- b) Rendimiento sobre la inversión: Es la medida relativa en base a la inversión realizada. Se obtiene así:

$$\text{Rendimiento/inversión} = \frac{\text{Throughput} - \text{Gastos Operativos}}{\text{Inventarios}}$$

- c) Liquidez: Se refiere a la capacidad de la organización para pagar sus deudas. Se calcula utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Liquidez} = \text{Throughput} - \text{Gastos operativos} - \text{inventarios}$$

Ambos grupos de indicadores, los financieros como los operativos deben ir de la mano para brindarnos un panorama general sobre la situación actual de la empresa y así poder determinar el desempeño general de la misma utilizando de una forma óptima los recursos con los que se dispone.

6.10.5 Caso Práctico

EXCÉLSIOR, S.A., es una empresa dedicada al diseño y fabricación de artículos para el hogar. Dentro de los procesos fundamentales de producción se encuentra la planta de fundición, en la cual se elaboran productos de alta demanda para la organización, como son los calderos y los sartenes de aluminio. Los procesos en la planta de fundición son complejos y cambiantes, lo cual exige una planta altamente flexible que debe expandirse y contraerse según la demanda del momento, ya que la organización vende en todo el continente americano, desde el Canadá a la Argentina, y en cada uno de estos mercados se encuentra con distintas exigencias de empaque y diseño de producto. Por tal motivo, es necesario saber, en todo momento, la capacidad de cada proceso para tomar decisiones concernientes a tiempos de entrega, tiempos de máquina y recursos de mano de obra. Adicionalmente, es necesario utilizar los recursos disponibles en forma eficiente para lograr elaborar productos con los costos estándares esperados o menores. El problema de existencia de inventarios de producto en proceso en la planta de fundición demanda mayor capital de trabajo y, por ende, reduce su flujo de caja, haciéndola improductiva y poco competitiva.

El proceso de fundición para la fabricación de un producto empieza con la selección de la chatarra y los diferentes lotes de materia prima suministrados por el proveedor. Para esto se utiliza un macro de Excel; el objetivo es combinar los lingotes disponibles y seleccionar los indicados con base en su aleación. Luego estos lingotes son cargados en el horno y llevados al estado líquido a una temperatura de trabajo de 780°C. Una vez el material está en estado líquido se traslada a las máquinas de moldeo que le dan al producto la forma correspondiente. Una vez el producto tiene la forma definitiva, pasa a las líneas de mecanizado donde se mecaniza, se limpia y se seca para su posterior

empaque o para pasar al proceso de pintura. Si pasa al proceso de pintura, el artículo es cubierto con la pintura correspondiente. Finalmente, se hace un mecanizado final y se empaca (ver tabla CLX).

Tabla CLX. **Líneas y procesos que componen la planta de fundición y su capacidad, caso práctico 6.10.5**

Línea / Proceso	Capacidad
Línea de moldeo	27%
Línea de mecanizado	16%
Línea de limpieza (brillado-secado)	13%
Empaque piezas individuales	94%
Línea de pintura	9%
Línea de mecanizado después de pintura	62%
Empaque juegos y piezas pintadas	226%

Fuente: Revista Soluciones de Postgrado EIA, número 2 pp 121-133 Medellín, junio de 2008 / producción

La planta de fundición tiene un historial de tiempo extra de 900 horas mensuales. Este tiempo extra se utiliza en las áreas donde la restricción las obliga a usar este tiempo de trabajo necesario para poder cumplir la demanda. Inicialmente se obtuvo la demanda mensual de la planta, utilizando las referencias que hacen el 80% de la facturación mensual. Siguiendo el método de trabajo y de mejoramiento de TOC, como se describe a continuación, se obtuvieron las capacidades de tiempo y mano de obra necesarias para suplir la demanda. El método utilizado es la siguiente:

- Identificar la restricción;
- Explotar al máximo la restricción;
- Subordinar los demás procesos a la restricción;

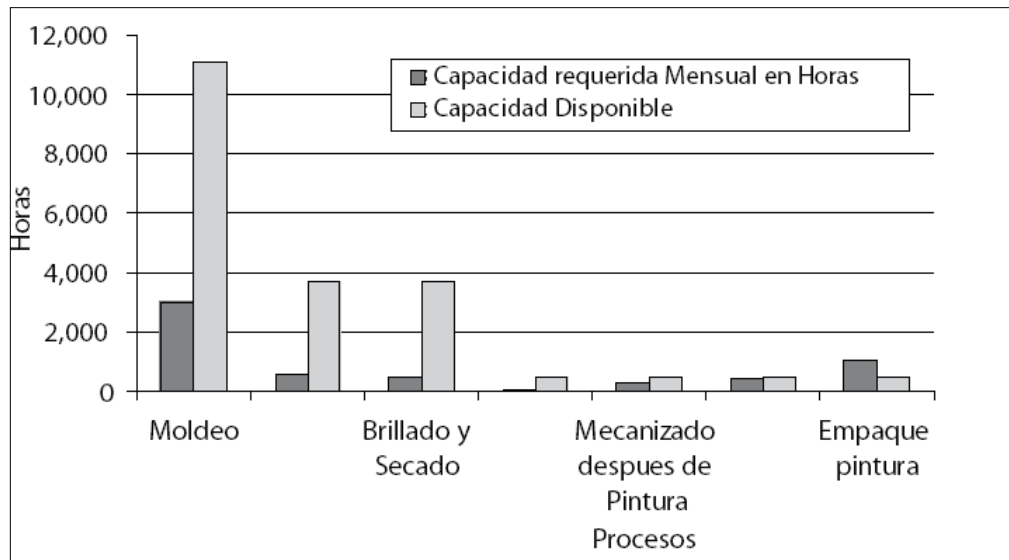
- Mejorar la restricción;
- Reiniciar el ciclo.

Se solicita que se realice un análisis de las posibles causas de esta situación y presentar una propuesta para reducir dichos inventarios.

Antecedentes y análisis previo

La línea de empaque de juegos o piezas pintadas tiene un 226% de capacidad utilizada. De hecho, esta situación se ve reflejada en el tiempo extra de 900 horas que se están consumiendo en esa área. Este proceso de empaque trabaja tres turnos al mes de lunes a sábado. Cuenta con cuatro operarios por turno y es una línea que se dedica al empaque de juegos y baterías de la planta de fundición. Un juego está compuesto por más de una pieza individual y una batería es un conjunto de piezas individuales que forman un kit completo de cocina (ver figura 55 en la página siguiente).

Figura 55. **Comparación de capacidades en la empresa EXCÉLSIOR, S.A., caso práctico 6.10.5**



Fuente: Revista Soluciones de Postgrado EIA, número 2 pp 121-133 Medellín, junio de 2008 / Producción

La línea de empaque tiene como función única empaclar juegos y baterías. Sin embargo, a pesar de que esta línea tiene una capacidad de trabajo excesiva, a veces es programada también para empaclar piezas individuales. Esto ocurre cuando se hace una mala programación durante la planeación de la línea de mecanizado. En la planta de fundición se deben empaclar las referencias individuales en línea con el mecanizado y la limpieza, lo cual es factible siempre y cuando se haga una programación adecuada de los procesos. Lamentablemente, esto no siempre ocurre. Si se pone atención a los demás procesos de la planta, se puede notar que el resto de líneas tiene una capacidad sobrante de producción entre el 13% y 60%, que se refleja en los inventarios en proceso que tiene la planta. El inventario en proceso antes de la restricción (empaque pintura) aparece en la tabla CLXI.

Tabla CLXI. **Inventario en proceso antes de empaque, caso práctico 6.10.5**

Producto	Cantidad (unidades)	Valor Total
Total inventarios en proceso	42,701	\$311,115,843

Fuente: Revista Soluciones de Postgrado EIA, número 2 pp 121-133 Medellín, junio de 2008 / Producción

El Área de Programación de la Compañía depende del Departamento de Logística y tiene como función la programación de las referencias demandadas en cada máquina y el análisis de las necesidades de recurso humano en cada uno de los procesos. Dicha programación debe tener en cuenta las restricciones del proceso y basar sus proyecciones de entrega y necesidades de recurso sobre esto. Luego de haber realizado el presente análisis, es posible implementar una solución que mejore la situación de la planta de manera sustancial, sin hacer mayor inversión, aplicando las siguientes oportunidades de mejora:

- ✓ Eliminación de la restricción;
- ✓ Reducción de inventarios;
- ✓ Cambio del método de programación actual, basándose en la restricción.

Solución y propuesta de mejoramiento

De acuerdo con lo expresado y luego de identificar la restricción de empaque en pintura, se hizo una propuesta de implementación de programación Drum, Buffer, Rope (DBR, por sus siglas en inglés) en la restricción encontrada. Para ello se sugiere emplear el sistema de información que posee la organización, teniendo en cuenta que se debe hacer una

programación finita hacia atrás y hacia delante respectivamente, y para ello es necesario definir el tiempo de procesamiento de cada pedido, antes de la restricción y posterior a ella, considerando:

- ✓ Eliminar la restricción trasladando el personal del área de moldeo hacia el proceso de empaque;
- ✓ Determinar los tiempos de preparación y operación para cada pedido en los procesos anteriores de la restricción, que para el caso son los procesos de moldeo, mecanizado, brillado, pintura y mecanizado después de pintura, si lo requiere el producto en elaboración. A este valor se debe adicionar el valor que se desee en el amortiguador de la restricción;
- ✓ Programar la restricción (ver tabla CLXIII). Tener en cuenta:
 - a) La liberación de materiales se realiza según la programación finita hacia atrás, contando con los tiempos de proceso antes de la restricción, los tiempos de la restricción y el *buffer* dado a la restricción;
 - b) Los tamaños de los *buffers* se determinarán empíricamente; para el ejemplo se tomaron 12 horas, que es el tiempo máximo que se ha demorado históricamente la reparación de los equipos de mecanizado antes de la restricción; si hay continuos huecos en el amortiguador, esto indicará que el valor del amortiguador es bajo. Si es totalmente estable, se debe buscar una posible reducción;
 - c) Realizar la programación de la restricción, partiendo de los pedidos de los clientes y calculando los *buffers* reales. Si existen pedidos con *buffers* negativos o inferiores al valor deseado, se debe buscar la forma de dar prioridad a la utilización de la restricción, atendiendo los pedidos que generen mayor *throughputs* por minuto de operación.

Tabla CLXII. **Algunos tiempos de proceso antes de la restricción y después de la restricción, en minutos, caso práctico 6.10.5**

Producto	Cantidad pedido (unidades)	Antes de la restricción			Restricción		
		T. preparación	T. prod.	T. total	T. preparación	T. prod.	T. total
Caldero 24 cm natural	1,304	160	7,434	7,594	0	3,261	3,261
Caldero 22 cm natural	895	160	5,372	5,532	0	2,238	2,238
Caldero 20 cm natural	989	160	5,865	6,025	0	0	0
Caldero 26 cm natural	1,232	160	6,510	6,670	0	3,081	3,081
Caldero 18 cm natural	1,211	160	6,399	6,559	0	0	0
Caldero 30 cm natural	378	260	2,730	2,990	0	630	630
Caldero 14 cm natural	462	260	3,276	3,536	0	0	0
Caldero 20 cm pintado	199	160	7,940	8,100	0	398	398

Fuente: Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 2 pp 121-133 Medellín, junio de 2008 / Producción

El *throughput* de la restricción (empaque) mejoró un 100% con respecto a su estado inicial. Lo que se hizo fue aumentar la capacidad de empaque al doble, llevando la restricción de una capacidad usada de 226% a 100%. De esta forma se eliminaron los tiempos extras y se duplicó la velocidad de empaque. Como el proceso de moldeo tiene una capacidad ociosa del 40%, se escogió personal de esta área y se pusieron cuatro operarios por turno en

empaque. Como son dos áreas distintas, el personal de moldeo debe ser entrenado durante un mes, y solo en ese término se pueden obtener los resultados de *throughput* mejorado aquí expuestos.

Como se muestra en la tabla CLXII, luego de nivelar los procesos y realizar la programación semanal de la planta usando la teoría de DBR, pueden determinarse los inventarios que deberían estar en proceso sin afectar las entregas. Es importante recordar que la pretensión es hallar el estado de los inventarios que la planta debe tener, considerando un método específico. De acuerdo con TOC, no se trata de eliminar los inventarios totalmente, sino de tener un estado de inventario acertado. Para esto se deben obtener unos amortiguadores o *buffers*, para que la planta no pierda reacción ante un pedido urgente o no sufra daños en la máquina. Los amortiguadores que se utilizarán son de tiempo y estandarizados o escogidos con base en la experiencia. Algunos técnicos designan los amortiguadores como el 30% de la producción semanal o mensual, dependiendo del sistema de programación de la planta; en este caso se ha decidido recurrir a la experiencia y al conocimiento que se tiene de la planta para designar el amortiguador necesario, que puede ser ajustado en el tiempo, dependiendo de los resultados que se obtengan después de su implementación.

Tabla CLXIII. Programación maestra en la restricción para una semana, tipo de Fundición EXCÉLSIOR, S.A., caso práctico 6.10.5

1/2

Producto	Cantidad (unidades)	Drum				Buffer	Tiempo arriba de la restricción (horas)	Rope
		Fecha comienzo	Prep. (horas)	Proceso (horas)	Fecha fin	Buffer de la restricción (horas)		
Caldero 24 cm natural	1.304	2007/11/19 00:00	0:00	27,17	2007/11/20 03:10	12	126,57	17/11 00:46
Caldero 22 cm natural	895	2007/11/20 03:10	0:00	18,65	2007/11/20 21:49	12	92,19	15/11 18:58
Caldero 26 cm natural	1.232	2007/11/20 21:49	0:00	25,67	2007/11/21 23:29	12	111,17	15/11 18:39
Caldero 30 cm natural	378	2007/11/21 23:29	0:00	5,25	2007/11/22 04:44	12	49,84	19/11 09:39
Caldero 20 cm pintado	199	2007/11/22 04:44	0:00	3,32	2007/11/22 08:04	12	135,00	16/11 01:44
Caldero 24 cm pintado	291	2007/11/22 08:04	0:00	4,52	2007/11/22 12:35	12	35,05	20/11 09:01
Caldero 36 cm natural	904	2007/11/22 12:35	0:00	19,59	2007/11/23 08:10	12	67,96	19/11 04:37
Caldero 22 cm pintado	262	2007/11/23 08:10	0:00	3,63	2007/11/23 11:48	12	35,23	21/11 08:56
Set de 7 piezas (4 cuerpos y 3 tapas)	137	2007/11/23 11:48	0:00	1,66	2007/11/23 13:28	12	22,07	22/11 01:44
Caldero 26 cm pintado	103	2007/11/23 13:28	0:00	1,24	2007/11/23 14:43	12	17,19	22/11 08:17
Caldero 18 cm pintado	184	2007/11/23 14:43	0:00	2,56	2007/11/23 17:17	12	27,20	21/11 23:31

Fuente: Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 2 pp 121-133 Medellín, junio de 2008 / Producción

Continuación tabla CLXIII

2/2

Producto	Cantidad (unidades)	Drum				Buffer	Tiempo arriba de la restricción (horas)	Rope
		Fecha comienzo	Prep. (horas)	Proceso (horas)	Fecha fin	Buffer de la restricción (horas)		Fecha de recibo
Caldero 50 cm natural	86	2007/11/23 17:17	0:00	1,20	2007/11/23 18:29	12	14,84	22/11 14:27
Caldero ovalado pintado	88	2007/11/23 18:29	0:00	1,06	2007/11/23 19:33	12	17,50	22/11 12:59
Caldero 30 cm pintado	42	2007/11/23 19:33	0:00	0,69	2007/11/23 20:15	12	30,33	22/11 01:13
Sartén recto 18 cm Luxury	149	2007/11/23 20:15	0:00	2,07	2007/11/23 21:20	12	20,46	22/11 11:47
Sartén cuadrado Luxury	470	2007/11/23 21:20	0:00	9,79	2007/11/24 07:07	12	28,76	22/11 04:34
Juego de caldero con dos sartenes	56	2007/11/24 07:07	0:00	1,17	2007/11/24 08:17	12	9,42	23/11 09:42
Batería de 8 piezas Luxury	50	2007/11/24 08:17	0:00	1,04	2007/11/24 09:20	12	8,85	23/11 11:26

Fuente: Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 2 pp 121-133 Medellín, junio de 2008 / Producción

Con base en la tabla de inventarios después de aplicar DBR, utilizando un tiempo de amortiguador de 12 horas en la restricción y suministrando la materia prima de acuerdo con los tiempos de proceso, antes de la restricción, se obtuvo una reducción de inventario de \$261.356.106 (ver tabla CLXIV). Esta reducción de inventario mejora sustancialmente el capital de trabajo de la organización, porque dicho capital está definido de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Capital de trabajo} = (\text{Cuentas por cobrar} + \text{Inventario}) - \text{Cuentas por pagar}$$

Como se deduce de la fórmula, una reducción de inventarios es directamente proporcional a una reducción de capital de trabajo. Para efectos de flujo de caja, este también mejora si se utiliza la siguiente definición:

$$\text{Flujo de caja} = \text{Ebitda} - \text{Capital de trabajo} - \text{Activos fijos}$$

El flujo de caja se mejora en la misma proporción en que se reducen los inventarios en proceso. Es decir en \$261.356.106. (Ebitda: *Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*, por sus siglas en inglés).

Tabla CLXIV. Comparativo productos en proceso antes y después de aplicar TOC y programación DBR, caso práctico 6.10.5

1/2

Producto	Valor unitario de materia prima	Cantidad actual (unidades)	Cantidad proyectada (unidades)	Incremento o reducción en unidades	Incremento (-reducción) valor inventario en proceso
Caldero 24 cm natural	7.286	525	1304	779	\$5.677.616
Caldero 22 cm natural	7.286	488	895	408	\$2.970.867
Caldero 26 cm natural	7.286	375	1232	857	\$6.245.924
Caldero 30 cm natural	7.286	338	378	41	\$295.083
Caldero 20 cm pintado	7.286	7838	199	-7639	(\$55.654.111)
Caldero 24 cm pintado	7.286	10350	291	-10059	(\$73.291.696)
Caldero 36 cm natural	7.286	3113	904	-2209	(\$16.091.131)
Caldero 22 cm pintado	7.286	5075	262	-4814	(\$35.071.161)
Set de 7 piezas (4 cuerpos y 3 tapas)	7.286	75	137	62	\$453.554
Caldero 26 cm pintado	7.286	7575	103	-7472	(\$54.442.814)
Caldero 18 cm pintado	7.286	3737	184	-3553	(\$25.887.158)
Caldero 50 cm natural	7.286	38	86	49	\$355.193

Producto	Valor unitario de materia prima	Cantidad actual (unidades)	Cantidad proyectada (unidades)	Incremento o reducción en unidades	Incremento (-reducción) valor inventario en proceso
Caldero ovalado pintado	7.286	438	88	-350	(\$2.546.457)
Sartén recto 18 cm Luxury	7.286	438	149	-289	(\$2.103.833)
Sartén cuadrado Luxury	7.286	438	470	32	\$234.974
Juego de caldero con dos sartenes	7.286	76	56	-20	(\$143.899)
Batería de 8 piezas Luxury	7.286	300	50	-250	(\$1.821.500)
Total		41217	6788	-34427	(\$261.356.106)

Fuente: Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 2 pp 121-133 Medellín, junio de 2008 / Producción

Conclusiones

Los resultados muestran que hay un desequilibrio en los procesos de la planta de fundición, según la capacidad utilizada en cada uno de ellos. Para balancear los distintos procesos, se debe reducir el personal de aquellos procesos donde la capacidad instalada o disponible es mucho mayor que la capacidad restrictiva y, a su vez, aumentar la capacidad de la restricción hasta

la necesidad de la demanda actual. Para hacer esto sin aumentar el costo variable de fabricación, se recomienda pasar el personal de moldeo hacia las líneas de empaque de pintura. Las personas que se necesitarían para eliminar la restricción serían cuatro por turno, en total 12 personas. Después de este cambio, la capacidad utilizada de los procesos la ilustra la tabla CLXV.

Tabla CLXV. Capacidad utilizada de los procesos después de los cambios, caso práctico 6.10.5

Línea / Proceso	Capacidad
Línea de moldeo	35%
Línea de mecanizado	16%
Línea de limpieza (brillado-secado)	13%
Empaque piezas individuales	94%
Línea de pintura	9%
Línea de mecanizado después de pintura	62%
Empaque juegos y piezas pintadas	100%

Fuente: Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 2 pp 121-133 Medellín, junio de 2008 / Producción

La segunda recomendación es entregar los recursos de materiales en el momento adecuado, cuando en verdad se necesiten, ya que en la actualidad se pueden encontrar en la planta inventarios de empaques y accesorios de ensamble esperando su utilización. Este tiempo de espera equivale en promedio a cinco días, lo que afecta el flujo de caja de la planta. Para eliminar ese problema o ineficiencia financiera, se recomienda utilizar la teoría de programación de DBR para obtener un mejoramiento en capital de trabajo, reduciendo inventarios y mejorando el flujo de caja. Este efecto se respalda en los resultados obtenidos en la simulación de la tabla CLXV. Los inventarios en proceso resultantes de la simulación utilizada deben ser \$49.737.000,

obteniendo una reducción del 84%. Esto ayudará a mantener la planta bajo control. Se puede utilizar este resultado como control dentro de la planta, control que es válido siempre y cuando se mantengan las condiciones de trabajo actuales. Si la restricción dentro de la planta cambia, se debe calcular de nuevo el estado del inventario.

El flujo de caja en la planta se disminuye en \$261.356.106. Es importante tener en cuenta que además de mejorar el flujo de caja utilizando TOC, los inventarios de materia prima se verán reducidos, efecto que no se estudia aquí. Esto se basa en la hipótesis de que cuando se restringe la entrega de inventario con base en la programación DBR, se ocasiona un retraso en el tiempo de compra, disminuyendo los inventarios de materia prima durante un tiempo y mejorando el flujo de caja de la compañía. Se recomienda a la empresa invertir inicialmente en los procesos donde la capacidad utilizada sea mayor. Esos procesos en orden de prioridad son: 1) empaque de pintura, 2) mecanizado después de pintura y 3) moldeo.

CONCLUSIONES

1. Para el diseño e instalación de una nueva planta industrial es necesario conocer el tipo de proceso que ésta realiza, para así implementar el procedimiento de localización industrial mediante los distintos métodos que existen. En Guatemala, se debe emplear el Reglamento de Localización e Instalación Industrial, vigente en el departamento de Planificación de la Municipalidad de Guatemala. También se debe diseñar y administrar el proceso productivo mediante la planeación de procesos, con el fin de entender dicho proceso e implementar las medidas necesarias para obtener la máxima eficiencia. En el caso de las plantas de fabricación de productos alimenticios, deben aplicar las Buenas Prácticas de Manufactura.
2. La ingeniería de métodos se fundamenta en: la medición y análisis del trabajo; y además en la productividad, cuyos dos grandes indicadores son: la eficiencia y la eficacia. El primero indica el grado de utilización de los recursos disponibles en función de lo producido. El segundo se refiere al grado de cumplimiento de la operación o tarea que se realiza. La ingeniería de métodos también estudia el diseño y análisis de las distintas condiciones de trabajo que afectan al operario y a la operación realizada. También permite realizar un estudio a profundidad de una operación cualquiera, mediante la aplicación de: ergonomía, estudio de tiempos, análisis de la operación y métodos de trabajo; los cuales, permiten establecer un método de trabajo que sea óptimo y lograr un aumento de la productividad.

3. Para diseñar y crear un producto o servicio es necesario identificar las necesidades que éste puede satisfacer, analizando tanto al cliente, como a las tecnologías que permitan su fabricación. Para desarrollar una idea y transformarla en algo tangible es necesario realizar distintas pruebas, tanto de mercado como financieras y tecnológicas. El diseño de la producción nos permite desarrollar una idea y comprobar si ésta será factible, analizando las distintas fases en el desarrollo de nuevos productos, desde el desarrollo de nuevas ideas, hasta la producción en masa del producto y/o servicio en cuestión. Las herramientas que proporciona el diseño de la producción van, desde el planeamiento y diseño, métodos y técnicas de desarrollo, ingeniería del empaque, sistemas justo a tiempo, hasta la planeación de la producción mediante el balance de líneas y planeación agregada.

4. Para implementar un eficiente sistema de gestión de calidad es necesario tomar en cuenta las distintas filosofías que adoptan el Control de Calidad Total, entre ellas: Los 14 Puntos de Deming, la filosofía de Jurán, la filosofía de Crosby, entre otros. Estas filosofías se centran en el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) el cual constituye la base de cualquier sistema de control de calidad. El control de procesos se refiere a la aplicación de las distintas herramientas estadísticas y gráficos de Control (P, nP, C, U, etc.), los cuales, permiten establecer puntos de control en un proceso productivo, conocer en dónde se presentan anomalías e implementar acciones preventivas. La finalidad del control de procesos es la planeación, aseguramiento y control de la calidad.

5. El control de la producción se enfoca en optimizar los recursos productivos a disposición para que la empresa pueda producir con el menor costo y en el menor tiempo posible. Para ello se aplican técnicas de control de inventarios y planificación de los distintos tipos de producción (en línea, intermitente, por proyecto), entre otros. El propósito del control de la producción es la formación de gerentes de producción, que sean capaces de gestionar los recursos con los que se cuenta, estableciendo sistemas de producción que se adapten a cada tipo de producto; ya que para ello, se debe tomar en cuenta el análisis del mismo, hasta la ejecución del proceso de producción.

RECOMENDACIONES

1. Darle continuidad al Manual de Prácticas para los cursos del Área de Producción de la carrera de Ingeniería Industrial para que siga contribuyendo a la formación académica de los estudiantes.
2. Complementar los conceptos y casos prácticos citados en el Manual de Prácticas para los cursos del Área de Producción con otras fuentes de consulta para lograr una mejor comprensión.
3. Que los estudiantes cuenten previamente con los conocimientos de los cursos que comprenden el área básica de la carrera de Ingeniería (Matemáticas, Físicas, Estadísticas, Contabilidad); con la finalidad de que pueda realizar una evaluación consciente del problema que está analizando y así tomar la mejor decisión aplicando su criterio.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCALDE MARZAL, Jorge y ARTACHO RAMÍREZ, Miguel Ángel. *Diseño de producto, métodos y técnicas*. 1ª ed. México: Alfaomega, 2004. 378 p.
2. BESTERFIELD, Dale. *Control de calidad*. 7ª ed. México: Prentice-Hall, 2003. 540 p.
3. CANTÚ, Humberto. *Desarrollo de una cultura de calidad*. 2ª ed. México: McGraw-Hill, 2001. 382 p.
4. AQUILANO, Nicholas; CHASE, Richard y DAVIS, Mark. *Fundamentos de dirección de operaciones*. 1ª ed. México: McGraw-Hill, 2001. 600p.
5. GOLDRATT, Eliyahu. *La meta*. 2ª ed. México: Ediciones Regiomontanas, 2005. 423 p.
6. EVERETT, Adam Jr. y EBERT, Ronald J. *Administración de la producción*. 4ª ed. México: Prentice Hall, 1991. 739 p.
7. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2ª ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
8. MEYERS, Fred E. *Estudio de tiempos y movimientos*. 2ª ed. México: Prentice Hall, 2000. 348 p.

9. NIEBEL, Benjamín W. y FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11ª ed. México: Alfaomega, 2004. 752 p.
10. NOORI, Hamid y RADFORD, Russell. *Administración de operaciones y producción*. 1ª ed. Colombia: McGraw-Hill, 1997. 648 p.
11. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. 3ª ed. Guatemala: Imprenta Universitaria, 2005. 178 p.
12. TORRES, Sergio. *Control de la producción*. 5ª ed. Guatemala: Imprenta Universitaria, 2006. 180 p.