



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

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE MEZCLADO PARA INCREMENTO DE EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE TUBOS DE CONCRETO, EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA LOS CANARIOS S. A.

Mario René Moscoso Sáenz

Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE MEZCLADO PARA INCREMENTO DE EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE TUBOS DE CONCRETO, EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA LOS CANARIOS S. A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO RENÉ MOSCOSO SÁENZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE CHICOL CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez.

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:

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE MEZCLADO PARA INCREMENTO DE EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE TUBOS DE CONCRETO, EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA LOS CANARIOS S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 27 de octubre de 2014.

Mario René Moscoso Sáenz

Guatemala 21 de enero de 2015

Ingeniero
Julio Cesar Campos Paiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y aprobado el trabajo de graduación titulado " Montaje y puesta en marcha de equipo de mezclado para incremento de eficiencia en la producción de tubos de concreto, en la planta de producción de la empresa Los Canarios S.A.", desarrollado por el señor Mario René Moscoso Sáenz, previo a optar por el título de Ingeniero Mecánico, estando de acuerdo con el contenido del mismo.

Agradeciendo su atención me suscribo.

Atentamente



Ingeniero Carlos Enrique Chicol Cabrera
Colegiado No. 6965
Asesor

Ma. Ing. Carlos E. Chicol C.
COL. No. 6965

Ref.E.I.Mecanica.033.2015

El Coordinador del Área de Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE MEZCLADO PARA INCREMENTO DE EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE TUBOS DE CONCRETO, EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA LOS CANARIOS S.A.**, del estudiante **Mario René Moscoso Sáenz**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador del Área de Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, enero de 2015



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.88.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Complementaria, del trabajo de graduación titulado **MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE MEZCLADO PARA INCREMENTO DE EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE TUBOS DE CONCRETO, EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA LOS CANARIOS S.A.**, del estudiante **Mario René Moscoso Sáenz**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
Director a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, marzo de 2015



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, al trabajo de graduación titulado: **MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE MEZCLADO PARA INCREMENTO DE EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE TUBOS DE CONCRETO, EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA LOS CANARIOS, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Mario René Moscoso Sáenz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, marzo de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por permitirme llegar a este momento.
Mis padres	Salvador Moscoso Mejía (q.e.p.d.) y Rosa Sáenz de Moscoso, por todo su apoyo y cariño.
Mi esposa	Gilda Escobar de Moscoso, por su amor, apoyo y comprensión.
Mis hijos	Gilda Azucena y Mario Roberto Moscoso Escobar, que este triunfo sea un ejemplo de perseverancia.
Mis hermanos	Salvador, Marco Tulio y Rosa Patricia Moscoso Sáenz, por compartir este momento de alegría.
Mi nieta	Camila Andree Paredes Moscoso, por llegar a iluminar mi vida.
Todos mis familiares y amigos	Por acompañarme en este día tan importante de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi alma máter.

Facultad de Ingeniería

Por haberme formado como profesional.

Ing. Carlos Chicol

Por su apoyo incondicional.

Empresa Los Canarios

Por su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Empresa Los Canarios S. A.	1
1.1.1. Organigrama de la empresa	1
1.1.2. Organigrama de la planta de producción.....	3
1.2. Productos de fabricación	5
1.3. Utilización de los productos.....	8
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	15
2.1. Equipos de producción	15
2.2. Condiciones de la maquinaria	15
2.3. Diagrama de proceso	22
2.3.1. Líneas de producción	24
2.3.2. Personal operativo.....	25
2.3.3. Jornada de trabajo.....	27
2.4. Instalaciones.....	28
3. PROCESO DE PRODUCCIÓN	31
3.1. Materias primas	31

3.2.	Carga de mezcladora	33
3.3.	Proceso de mezclado.....	34
3.4.	Proceso de llenado y vibrado de moldes.....	35
3.5.	Proceso de desencofrado	36
3.6.	Cuello de botella	38
3.7.	Tiempos muertos en líneas de producción.....	39
4.	RECONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE EQUIPO DE MEZCLADO.....	41
4.1.	Evaluación y reconstrucción de equipo de mezclado.....	41
4.1.1.	<i>Skip</i>	41
4.1.2.	Guías de <i>skip</i>	43
4.1.3.	Mezcladora.....	44
4.2.	Cimentación	46
4.2.1.	Resistencia de concreto de fundición.....	48
4.2.2.	Fosa para cimentación	49
4.2.3.	Fundición de cimiento	50
4.3.	Montaje de equipo de mezclado	51
4.3.1.	Anclaje de guías de <i>skip</i>	51
4.3.2.	Montaje de <i>skip</i>	53
4.3.3.	Montaje de mezcladora	54
4.3.4.	Lubricación de equipo	54
4.3.5.	Instalaciones eléctricas	55
5.	DOCUMENTACIÓN DE NUEVA EFICIENCIA.....	59
5.1.	Tabulación de datos.....	59
5.1.1.	Línea de proceso uno.....	59
5.1.2.	Líneas de proceso dos y tres	60

CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama general de la empresa	3
2.	Organigrama de la planta de producción	4
3.	Base.....	6
4.	Cono.....	7
5.	Brocal.....	7
6.	Probeta de concreto para ensayo de compresión.....	13
7.	Máquina de ensayo método de los tres apoyos	14
8.	Molde interno	17
9.	Molde externo	17
10.	Vibrador.....	19
11.	Carretón	19
12.	Mezcladora de aspas verticales	20
13.	Canasta.....	21
14.	Símbolos de diagrama de proceso.....	22
15.	Diagrama de flujo de operaciones del proceso	23
16.	Resumen de operaciones	24
17.	Distribución de líneas y mezcladora.....	25
18.	Agregados gruesos, pedrín de 1/2 y 3/8 de pulgada.....	32
19.	Agregados finos, arena y polvo de piedra	33
20.	Balanza digital.....	34
21.	Proceso de llenado y vibrado de molde	36
22.	Desencofrado molde central	37

23.	Desencofrado molde exterior	38
24.	Nueva distribución de líneas de producción	40
25.	<i>Skip</i>	42
26.	Guías de <i>skip</i>	44
27.	Mezcladora	45
28.	Reducción de velocidad, poleas y piñones	46
29.	Fosa para cimentación de <i>skip</i>	47
30.	Fosa para mezcladora	48
31.	Paredes de fosa I.....	49
32.	Paredes de fosa II.....	50
33.	Fundición de cimientó	50
34.	Acabado de fundición	51
35.	Perno de anclaje	52
36.	Guías de <i>skip</i> instalado.....	52
37.	Montaje de <i>skip</i>	53
38.	Montaje de mezcladora.....	54
39.	Panel de control	57
40.	Mezcladora instalada	57
41.	<i>Skip</i> y guías instaladas	58

TABLAS

I.	Diámetros de tubos de concreto	5
II.	Requisitos físicos y dimensionales de los tubos de concreto no reforzados.....	9
III.	Tubo con refuerzo clase A	10
IV.	Tubo con refuerzo clase B	11
V.	Tubo con refuerzo clase C.....	12
VI.	Rutinas de lubricación.....	55

VII.	Materiales eléctricos.....	56
VIII.	Producción antes de la instalación del equipo de mezclado	59
IX.	Producción después de instalado el equipo de mezclado.....	60
X.	Incremento de producción en la línea 1	60
XI.	Producción antes de la instalación del equipo de mezclado	61
XII.	Producción después de la instalación del equipo de mezclado	61
XIII.	Incremento de producción en las líneas 2 y 3	61

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
hp	Caballos de fuerza
cm	Centímetro
gpm	Galones por minuto
Kgf	Kilogramo fuerza
Kgf/m	Kilogramo fuerza por metro
kN/m	Kilo Newton por metro
psi	Libras por pulgada cuadrada
L	Litros
Mpa	Megapascal
m	Metro
mm	Milímetro
N	Newton
%	Porcentaje
rpm	Revoluciones por minuto
Vm	Velocidad de mezcladora

GLOSARIO

Aleatorio	Al azar.
Aspas	Brazos giratorios acoplados a un eje central.
ASTM	Sociedad Americana de Ensayos y Materiales, por sus siglas en ingles.
Canaleta	Tubo de concreto cortado longitudinalmente.
Cantera	Sitio de extracción de minerales.
Carrete	Cilindro de metal taladrado al centro.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Cuello de botella	Fase de la cadena de producción que atrasa el proceso.
Diámetro nominal	Tamaño estándar relacionado con el diámetro interno.
Fraguado	Proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón.
Grados Rockwell	Resistencia de un material a ser penetrado.

Mantenimiento preventivo	Desarrollo de actividades que se realizan en un tiempo determinado, para asegurar el funcionamiento de equipos. Se realiza periódicamente para alargar la vida útil de los equipos.
Molde	Conjunto de piezas sólidas y huecas que sirven para la formación de los tubos.
Motorreductor	Motor acoplado a una caja de reducción de velocidad.
Norma	Especificación que reglamenta procesos y productos.
Segregación	Separación de los materiales mezclados.
Tamiz	Malla metálica que sirve para separar partes finas de gruesas.
Tolva	Silo de almacenamiento temporal.

RESUMEN

Debido a las exigencias de las empresas por la mejora continua en sus procesos de producción, se analizan constantemente los tiempos muertos susceptibles de mejora para poder incrementar la eficiencia en la fabricación de sus productos.

Mediante la instalación de un equipo de mezclado, de acuerdo con el análisis realizado en el proceso de producción de tubos de concreto, se obtiene una mejora y como resultado un aumento en la eficiencia que se refleja en el incremento de la capacidad de producción.

Brinda mejores condiciones de trabajo que se traducen en mayor bienestar para los trabajadores y mejores resultados en la productividad, logrando mayor competitividad en el mercado.

Este trabajo incluye aspectos generales de la empresa, descripción del proceso de producción, presentando el diagrama de proceso y las normas que deben cumplir los tubos de concreto, equipo utilizado en el proceso y las materias primas utilizadas para la manufactura de los tubos de concreto.

Al final se presentan los cuadros que reflejan la producción antes y después de la instalación del equipo de mezclado, manifestando el porcentaje de incremento de la eficiencia en la fabricación de tubos de concreto.

OBJETIVOS

General

Incrementar la producción de tubería de concreto, mediante la instalación de un equipo de mezclado en el proceso de productos prefabricados en la empresa Los Canarios S. A.

Específicos

1. Analizar los problemas que genera en la eficiencia y documentar los tiempos muertos en el proceso productivo por contar con solo una mezcladora para tres líneas de producción.
2. Establecer un criterio unificado para incrementar la producción de tubería de concreto.
3. Definir los pasos a seguir para la reconstrucción y montaje de equipo de mezclado en la línea uno de producción, para independizarla de las líneas dos y tres.
4. Establecer los productos que se pueden trabajar en un mismo día de producción, con formulaciones diferentes, para minimizar los tiempos muertos.
5. Documentar el incremento de producción posterior al montaje del equipo de mezclado.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas han dedicado sus esfuerzos en la búsqueda de alcanzar la mayor eficiencia en sus procesos de producción, para que haya más competitividad en el mercado nacional e internacional.

La globalización y competencia entre empresas son factores que han obligado a las empresas a implementar mejoras que contribuyan directamente al desarrollo sostenible del entorno industrial, principalmente a la optimización de los recursos materiales, tecnológicos y humanos.

La empresa en estudio es una planta de producción de prefabricados de concreto que cuenta con cincuenta años en el mercado nacional, reconocida por la calidad de sus productos. Actualmente la planta de producción cuenta con un equipo de mezclado y tres líneas de producción, lo que genera perder eficiencia productiva.

La competencia entre las empresas de igual manufactura les obliga a ser cada día más eficientes, lo que conlleva a realizar análisis de sus procesos, eliminación de tiempos muertos y optimizar los recursos, tanto materiales como humanos, manteniendo una mejora continua de sus procesos productivos.

El presente trabajo contiene observaciones, análisis, resultados y mejoras que justifican el montaje de un equipo de mezclado para la eliminación de tiempos muertos, mejorando de esta forma la eficiencia en la producción de tubería de concreto, documentando antes y después del montaje del equipo, la mejora en la eficiencia de la producción.

1. ANTECEDENTES GENERALES

En este capítulo se muestran las generalidades de la empresa, estructura organizacional, productos que se fabrican y la utilización de los mismos.

1.1. Empresa Los Canarios S. A.

Es una empresa que se dedica a manufacturar productos prefabricados de concreto, contando con 50 años en el mercado nacional de la construcción, años que le dan el respaldo y confianza por la experiencia, calidad y servicio en sus variados productos de concreto.

Actualmente existen en el mercado nacional otras empresas que se dedican a elaborar productos similares, lo que hace que las empresas tengan que dedicar mayores esfuerzos a optimizar sus procesos, ya que la competencia les obliga a ser cada vez más eficientes.

1.1.1. Organigrama de la empresa

La máxima autoridad es la Junta Directiva, la cual está integrada por los socios que se encargan de la dirección de todas las actividades para el giro normal de la empresa, delegando autoridad en la Gerencia General.

La Gerencia General tiene subordinadas a la Gerencia Financiera, Gerencia de Producción, Gerencia de Ventas, secretaria de Gerencia y mensajería.

La Gerencia Financiera se encarga del área contable-financiera y de recursos humanos.

El Departamento de Contabilidad, se encarga del manejo de las finanzas, caja y bancos, costos de producción y pago de impuestos, así como de las compras de la empresa.

Recursos Humanos, se hace cargo del reclutamiento del personal operativo y administrativo de la empresa, dar capacitaciones y motivación del personal.

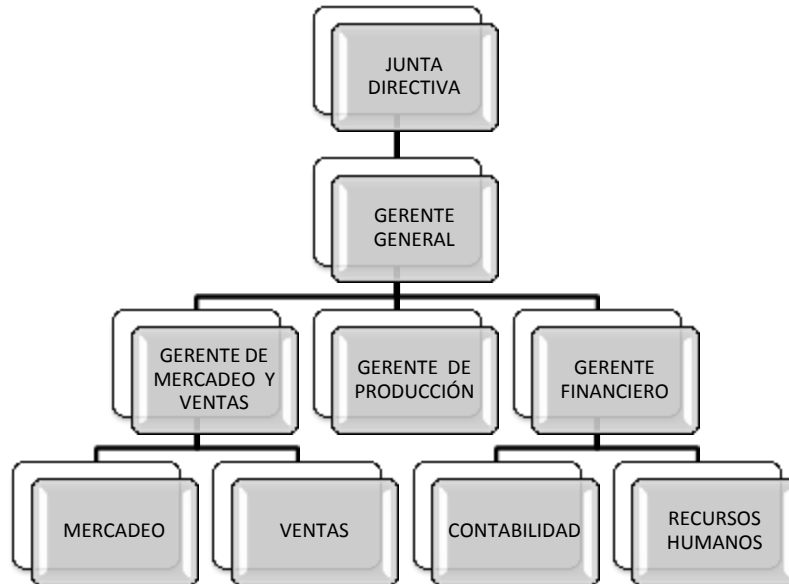
La Gerencia de Planta está encargada de los procesos productivos, control de calidad, bodegas de materias primas y producto terminado, así como del mantenimiento de maquinaria, equipo e instalaciones de la planta de producción.

La Gerencia de Ventas es la encargada de dirigir al equipo de vendedores, analizar el mercado de productos similares, establecer precios de productos, y planificar las políticas de mercadeo.

La secretaria de Gerencia se encarga de administrar la agenda de la Gerencia General que comprende reuniones con la Junta Directiva, citas de clientes, reuniones con las diferentes gerencias y otros.

El mensajero es el encargado de realizar cobros, compras diversas, así también desempeña funciones de mensajería en general, que le sean designadas por la secretaria de Gerencia.

Figura 1. **Organigrama general de la empresa**



Fuente: elaboración propia.

1.1.2. **Organigrama de la planta de producción**

La planta de producción cuenta con un gerente de planta, quién tiene subordinados a los Departamentos de Producción, Control de Calidad, bodega de materias primas y producto terminado, mantenimiento y caja.

El Departamento de Producción es el que se encarga de todos los procesos de manufactura para obtener el producto final.

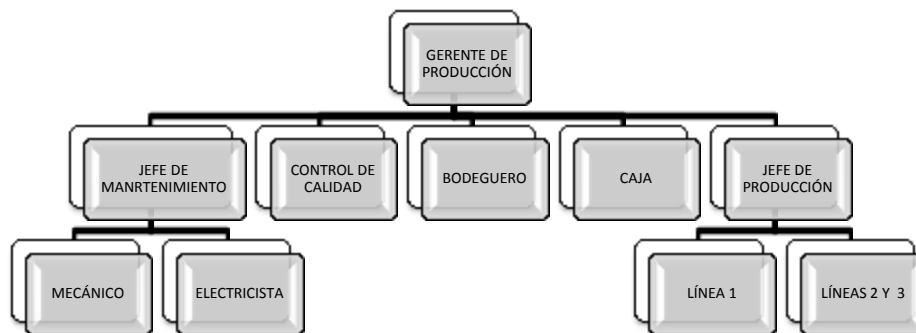
El Departamento de Control de Calidad, se encarga del análisis de las materias primas, así como de realizar ensayos aleatorios en el proceso productivo.

El área de mantenimiento, se encarga de realizar los mantenimientos preventivos y correctivos de la maquinaria, equipos e instalaciones de la empresa.

El Departamento de Bodega tiene a su cargo los controles y pedidos de materia primas, tales como llevar el control de los productos existentes en la bodega de producto terminado.

El área de caja se encarga de ventas en planta, como ingreso a inventario de las producciones diarias.

Figura 2. **Organigrama de la planta de producción**



Fuente: elaboración propia.

1.2. Productos de fabricación

El principal producto manufacturado de la empresa es el tubo de concreto, sin refuerzo y con refuerzo de acero en distintos diámetros, desde 6 hasta 60 pulgadas de diámetro interno.

Tabla I. Diámetros de tubos de concreto

DIMENSIONES EN PULGADAS			
DIÁMETRO DE TUBO	DIÁMETRO INTERIOR	DIÁMETRO EXTERIOR	GROSOR DE PARED
4	3,63	5,69	1,03
6	5,75	8,25	1,25
8	7,88	10,88	1,50
10	9,50	13,25	1,88
12	11,50	15,50	2,00
16	15,25	19,13	1,94
18	17,75	22,13	2,19
20	19,25	24,75	2,75
24	23,63	29,75	3,06
30	29,75	36,75	3,50
36	35,50	43,50	4,00
42	42,00	50,88	4,44
48	47,75	58,00	5,13
60	60,00	72,25	6,13

Fuente: elaboración propia.

También se fabrican pozos de visita, los cuales están compuestos por una base, un cono y un brocal. Los pozos de visita son elementos de la infraestructura urbana que permiten el acceso, desde la superficie, a diversas instalaciones subterráneas de servicios públicos, tuberías de sistemas de alcantarillado, redes de distribución de energía eléctrica, teléfonos, etc.

Los pozos de visita facilitan el acceso necesario para realizar tareas de inspección, mantenimiento y reparación de las infraestructuras subterráneas.

Los pozos de visita están protegidos por una tapadera que puede estar hecha de hormigón o hierro fundido, al cual se le denomina brocal.

Figura 3. **Base**



Fuente: planta Los Canarios.

La base es la parte inferior para un sistema de alcantarillado, el cual puede interconectar varias tuberías de conducción de aguas servidas, drenajes, etc.

Figura 4. **Cono**



Fuente: planta Los Canarios.

El cono es el elemento que se coloca en la parte superior del pozo de visita, y sirve de soporte del brocal.

Figura 5. **Brocal**



Fuente: planta Los Canarios.

El brocal está compuesto por una base reforzada con acero, junto a la tapadera de ingreso al pozo de visita.

1.3. Utilización de los productos

Los tubos de concreto pueden ser utilizados en drenajes de carreteras, alcantarillado, desagüe pluvial, acueductos, pozos de agua, sistemas de riego, canaletas, columnas, etc.

Los tubos de concreto se pueden separar en dos grupos:

- Tubos de hormigón sin refuerzo
- Tubos de hormigón con refuerzo

Los tubos sin refuerzo son los que están fabricados de hormigón sin ningún tipo de refuerzo de acero. Estos están clasificados por la norma COGUANOR NTG 41072 (equivalente a la norma ASTM C14-11) de la siguiente manera:

- Clase A, para tubos de concreto equivalentes a la clase II de la norma ASTM C14-11.
- Clase B, para tubos de concreto no reforzados equivalente a la clase I de la norma ASTM C14-11.

- Clase C, para tubos de concreto no reforzados, cuya utilización se limita a pozos de absorción, pozos de visita o para las sobrecargas que no excedan los límites de resistencia indicados en la tabla II.

Tabla II. **Requisitos físicos y dimensionales de los tubos de concreto no reforzados**

DIAMETRO NOMINAL INTERNO		CLASE A				CLASE B				CLASE C			
		Concreto de 4,000 PSI (27.6 Mpa)				Concreto de 3,000 PSI (20.7 Mpa)				Concreto de 3,000 PSI (20.7 Mpa)			
		Espesor mínimo de pared		Resistencia mínima (método de los Tres Apoyos)		Espesor mínimo de pared		Resistencia mínima (método de los Tres Apoyos)		Espesor mínimo de pared		Resistencia mínima (método de los Tres Apoyos)	
pulgadas	mm	pulgadas	mm	KN/m	Kgf/m	pulgadas	mm	KN/m	Kgf/m	pulgadas	mm	KN/m	Kgf/m
4	102	3/4	19	29	2,957	5/8	16	22.0	2,243	5/8	16	16.50	1,683
6	153	3/4	19	29	2,957	5/8	16	22.0	2,243	5/8	16	16.50	1,683
8	204	7/8	22	29	2,957	3/4	19	22.0	2,243	3/4	19	16.50	1,683
10	254	1	25	29	2,957	7/8	22	23.5	2,396	7/8	22	17.70	1,805
12	305	1 3/8	35	33	3,365	1	25	26.5	2,702	1	25	19.90	2,029
14	356	1 1/2	38	36	3,671	1 1/8	29	28.0	2,855	1 1/8	29	21.00	2,141
16	407	1 5/8	41	38	3,875	1 1/4	32	29.0	2,957	1 1/4	32	21.80	2,223
18	458	2	51	44	4,487	1 1/2	38	32.0	3,263	1 1/2	38	24.00	2,447
20	508	2 1/4	57	48	4,895	1 3/4	44	35.0	3,569	1 3/4	44	26.30	2,682
24	610	2 3/4	70	52.5	5,354	2 1/8	54	38.0	3,875	2 1/8	54	28.50	2,906
28	712	3 3/4	95	57.5	5,863	3 1/4	83	41.0	4,181	3 1/4	67	30.80	3,141
30	762	4 1/4	108	63	6,424	3 1/2	89	44.0	4,487	3 1/2	70	33.00	3,365
32	813	4 1/2	114	64	6,526	3 3/4	95	46.0	4,691	3 3/4	73	34.50	3,518
36	915	4 3/4	121	65.5	6,679	4	102	48.0	4,895	4	76	36.00	3,671
42	1067	5	127	72.1	7,347	4 1/2	114	52.8	5,384	4 1/2	89	39.60	4,038

Fuente: COGUANOR. Norma NTG 41077. p. 8.

Los tubos de concreto con refuerzo son los que están fabricados de hormigón reforzado con una canasta de acero. Estos tubos están clasificados por la norma COGUANOR NTG 41077 (equivalente a la norma ASTM C-76) de la siguiente manera:

- Clase "A", para tubos equivalentes a la clase III de la norma ASTM C76-12, para los espesores de pared descritos en la tabla III.

Tabla III. Tubo con refuerzo clase A

CLASE A _R													
										N	Kg		
										Carga D para producir grieta de 0,3mm =	65.0	6.6	
										Carga D para producir carga última =	100.0	10.2	
Refuerzo en cm ² por metro lineal de tubo													
Diámetro Nominal Interno		Pared A					Pared B						
		Concreto de 4,000 PSI (27.6 Mpa)											
		Espesor Pared		Refuerzo Circular ^B			Refuerzo Elíptico ^C	Espesor Pared		Refuerzo Circular ^B		Refuerzo Elíptico ^C	
Pulgadas	mm	Canasta Interior	Canasta Exterior	Pulgadas	mm	Canasta Interior		Canasta Exterior					
12	305	1 3/4	45	1.5 ^D	----	----	2	51	1.5 ^D	----	----		
16	407	1 7/8	48	1.5 ^D	----	----	2 1/4	58	1.5 ^D	----	----		
18	458	2	51	1.5 ^D	----	1.5 ^D	2 1/2	64	1.5 ^D	----	1.5 ^D		
20	508	2 1/4	58	3.0	----	2.3	2 3/4	70	1.5 ^D	----	1.5 ^D		
24	610	2 1/2	64	3.6	----	3.0	3	77	1.5 ^D	----	1.5 ^D		
28	712	2 5/8	67	3.8	----	3.4	3 1/4	83	3.4	----	3.0		
30	762	2 3/4	70	4.0	----	3.8	3 1/2	89	3.8	----	3.2		
32	813	2 7/8	74	4.4	----	4.2	3 3/4	96	4.2	----	3.6		
36	915	3	77	4.4	2.6	4.7	4 ^E	100 ^F	3.6	2.2	4.0		
42	1067	3 1/2	89	5.3	3.2	5.9	4 1/2	115	4.4	2.6	4.9		
48	1220	4	102	6.8	4.1	7.4	5	127	5.1	3.1	5.7		
54	1372	4 1/2	115	8.0	4.8	8.9	5 1/2	140	6.1	3.7	6.8		
60	1524	5	127	9.3	5.6	10.4	6	150	7.2	4.3	8.0		
66	1677	5 1/2	140	10.6	6.4	11.6	6 1/2	163	8.1	5.5	9.7		
72	1829	6	153	12.1	7.3	13.3	7	175	10.4	6.2	11.4		
Concreto de 5,000 PSI (34.5 Mpa)						Concreto de 4,000 PSI (27.6 Mpa)							
78	1982	6 1/2	166	13.5	8.1	15.0	7 1/2	186	12.1	7.3	13.3		
84	2134	7	178	15.2	9.1	16.9	8	200	13.5	8.1	15.0		
Concreto de 5,000 PSI (34.5 Mpa)													
90	2286	7 1/2	191	17.2	10.3	19.1	8 1/2	213	14.6	8.6	16.3		
96	2438	8	204	19.7	11.8	21.8	9	225	16.1	9.7	17.8		
102	2591	8 1/2	216	21.6	----	Refuerzo Circular + Elíptico	8.7	9 1/2	242	19.1	11.5	Refuerzo Circular + Elíptico	7.6
							13.1						11.5
108	2744	9	229	25.6	----	Refuerzo Circular + Elíptico	10.3	10	254	22.9	13.7	Refuerzo Circular + Elíptico	9.2
							15.5						13.7
114	2896	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----
120	3048	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----
126	3201	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----
132	3353	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----
138	3506	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----
144	3658	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----

Fuente: COGUANOR. Norma NTG 41077. p. 24.

- Clase "B", para tubos equivalentes a la clase II de la norma ASTM C76-12, para los espesores de pared descritos en la tabla IV.

Tabla IV. Tubo con refuerzo clase B

CLASE B _R												N	Kg	
												Carga D para producir grieta de 0.3mm =	50.0	5.1
												Carga D para producir carga última =	75.0	7.6
Refuerzo en cm ² por metro lineal de tubo														
Diámetro Nominal Interno		Pared A						Pared B						
		Concreto de 4,000 PSI (27.6 Mpa)						Concreto de 4,000 PSI (27.6 Mpa)						
		Espesor Pared		Refuerzo Circular ^a		Refuerzo ^c		Espesor Pared		Refuerzo Circular ^b		Refuerzo ^c		
Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Canasta Interior	Canasta Exterior	Elíptico	Pulgadas	mm	Canasta Interior	Canasta Exterior	Elíptico			
12	305	1 3/4	45	1.5 ^d	----	----	2	51	1.5 ^d	----	----			
16	407	1 7/8	48	1.5 ^d	----	----	2 1/4	58	1.5 ^d	----	----			
18	458	2	51	1.5 ^d	----	1.5	2 1/2	64	1.5 ^d	----	1.5 ^d			
20	508	2 1/4	58	2.5	----	2.1	2 3/4	70	1.5 ^d	----	1.5 ^d			
24	610	2 1/2	64	2.8	----	2.3	3	77	1.5 ^d	----	1.5 ^d			
28	712	2 5/8	67	3.2	----	2.8	3 1/4	83	2.80	----	2.3			
30	762	2 3/4	70	3.2	----	3.0	3 1/2	89	3.00	----	2.5			
32	813	2 7/8	74	3.4	----	3.2	3 3/4	96	3.20	----	2.8			
36	915	3	77	3.0	1.8	3.2	4 ^e	100 ^f	2.5	2.8	2.8			
42	1067	3 1/2	89	3.4	2.0	3.8	4 1/2	115	3.2	3.6	3.6			
48	1220	4	102	4.5	2.7	4.9	5	127	3.8	4.2	4.2			
54	1372	4 1/2	115	5.3	3.2	5.9	5 1/2	140	4.7	5.1	5.1			
60	1524	5	127	6.4	3.8	7.0	6	150	5.3	5.9	5.9			
66	1677	5 1/2	140	7.4	4.4	8.3	6 1/2	163	6.6	7.2	7.2			
72	1829	6	153	8.7	5.2	9.5	7	175	7.4	8.3	8.3			
78	1982	6 1/2	166	9.7	5.8	10.8	7 1/2	188	8.5	9.3	9.3			
84	2134	7	178	10.8	6.5	12.1	8	200	9.7	10.8	10.8			
90	2286	7 1/2	191	12.1	7.3	13.3	8 1/2	213	10.8	12.1	12.1			
96	2439	8	204	13.1	7.9	14.6	9	225	12.1	13.3	13.3			
Concreto de 5,000 PSI (34.5 Mpa)														
102	2591	8 1/2	216	16.1	9.7	Refuerzo Circular + Elíptico	6.4	9 1/2	242	14.1	8.6	Refuerzo Circular + Elíptico	5.8	
							9.7						8.6	
108	2744	9	229	18.0	10.8	Refuerzo Circular + Elíptico	7.2	10	254	16.1	9.7	Refuerzo Circular + Elíptico	6.4	
							10.8						9.7	
114	2896	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----	
120	3048	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----	
126	3201	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----	
132	3353	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----	
138	3506	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----	
144	3658	A	----	----	----	----	A	----	----	----	----	----	----	

Fuente: COGUANOR. Norma NTG 41077. p. 23.

- Clase "C", recomendado para pozos de absorción, pozos de visita o para las sobrecargas que no excedan los límites de resistencia indicados en la tabla V.

Tabla V. Tubo con refuerzo clase C

CLASE C _R												N	Kgr	
												Carga D para producir grieta de 0.3mm =	40.0	4.1
												Carga D para producir carga última =	60.0	6.1
Refuerzo en cm ² por metro lineal de tubo														
Diámetro Nominal Interno		Pared A						Pared B						
		Concreto de 3,000 PSI (20.7 Mpa)						Concreto de 3,000 PSI (20.7 Mpa)						
		Espesor Pared		Refuerzo circular ^B		Refuerzo ^C		Espesor Pared		Refuerzo circular ^B		Refuerzo ^C		
Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Canasta Interior	Canasta Exterior	Elíptico	Pulgadas	mm	Canasta Interior	Canasta Exterior	Elíptico			
12	305	1 3/4	45	1.25 ^D	----	----	2	51	1.25 ^D	----	----			
16	407	1 7/8	48	1.25 ^D	----	----	2 1/4	58	1.25 ^D	----	----			
18	458	2	51	1.25 ^D	----	1.25	2 1/2	64	1.25 ^D	----	1.25 ^D			
20	508	2 1/4	58	2.1	----	1.75	2 3/4	70	1.25 ^D	----	1.25 ^D			
24	610	2 1/2	64	2.4	----	2.0	3	77	1.25 ^D	----	1.25 ^D			
28	712	2 5/8	67	2.7	----	2.4	3 1/4	83	2.2	----	1.8			
30	762	2 3/4	70	2.7	----	2.5	3 1/2	89	2.4	----	2.0			
32	813	2 7/8	74	3.0	----	2.7	3 3/4	96	2.5	----	2.2			
36	915	3	77	3.0	1.5	2.7	4	100	2.0	1.3	2.2			
42	1067	3 1/2	89	2.9	1.7	3.2	4 1/2	115	2.5	1.8	2.8			
48	1220	4	102	3.8	2.3	4.1	5	127	3.0	1.9	3.3			
54	1372	4 1/2	115	4.5	2.7	5.0	5 1/2	140	3.7	2.3	4.0			
60	1524	5	127	5.3	3.2	5.9	6	150	4.4	2.6	4.9			
66	1677	5 1/2	140	6.4	3.8	7.0	6 1/2	163	5.3	3.2	5.9			
72	1829	6	153	7.4	4.4	8.3	7	175	6.1	3.7	6.8			
78	1982	6 1/2	166	8.5	5.1	9.3	7 1/2	188	6.8	4.1	7.6			
84	2134	7	178	9.5	5.7	10.6	8	200	7.8	4.7	8.7			
90	2286	7 1/2	191	10.4	6.2	11.4	8 1/2	213	8.7	5.2	9.7			
96	2439	8	204	11.4	6.8	12.7	9	226	9.7	5.8	10.8			

Fuente: COGUANOR. Norma NTG 41077. p. 22.

Las pruebas de laboratorio que se realizan para verificar la calidad de los tubos, tomando en cuenta las tablas anteriores, son esencialmente dos:

- Prueba de resistencia a la compresión del concreto
- Prueba de resistencia del tubo por el método de los tres apoyos

La prueba de resistencia a la compresión "R" del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar mezclas, dependiendo su uso.

La prueba de resistencia consiste en ensayar probetas cilíndricas de hormigón de 6 pulgadas de diámetro por 12 pulgadas de alto, las cuales se ensayan en máquina de compresión hidráulica, relacionando la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste la carga, en donde "P" es la carga aplicada y "A", el área transversal de la probeta de hormigón; obteniéndose el resultado en libras por pulgada cuadrada (PSI) o en Mpa.

$$R = P / A$$

Figura 6. **Probeta de concreto para ensayo de compresión**



Fuente: civilgeeks.com/2011/03/22/ensayo-a-la-compresión-del-concreto/.

Consulta: noviembre de 2014.

La prueba de resistencia de los tubos por el método de los tres apoyos consiste en colocar el tubo de forma horizontal sobre dos reglas de madera separadas entre sí 2.5 cm.

Aplicándole una fuerza en la parte superior se obtiene la primera grieta en el tubo, la cual se manifiesta a lo largo de este en la parte inferior y superior.

Luego de que se presenta la primera grieta, se sigue aplicando fuerza hasta obtener el esfuerzo máximo o de ruptura, el cual se manifiesta a los lados del tubo. El resultado de este ensayo, por el método de los tres apoyos, se da como la fuerza aplicada por unidad de longitud:

$$R = F / L$$

Figura 7. **Máquina de ensayo método de los tres apoyos**



Fuente: www.apci-aliboc.com. Consulta: 3 de noviembre de 2014.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la planta de producción Los Canarios S. A. se ubica en San Lucas Sacatepéquez y la maquinaria y equipo cuenta con veinte años de funcionamiento.

2.1. Equipos de producción

Los equipos utilizados para el proceso de manufactura de la tubería de concreto en la planta de producción son:

- Carretones para transporte de materiales
- Bandas transportadoras
- Balanza
- Sistemas hidráulicos
- Base vibradora para elaboración de probetas
- Mezcladora
- Moldes
- Montacargas
- Vibradores

2.2. Condiciones de la maquinaria

Los moldes utilizados para la producción de los tubos de concreto están provistos de vibradores colocados externamente a ellos, por lo que a este sistema de producción se le denomina moldeado con vibración externa.

Normalmente los moldes están provistos con dos o cuatro vibradores, dependiendo del diámetro del tubo a producir.

Los moldes cuentan con un centro o molde interno, el cual define la medida del diámetro interno del tubo y de un molde externo para el diámetro total del mismo.

Los moldes están fabricados de lámina negra lisa de 1/4 de pulgada de espesor roladas a la medida, dependiendo de si son internos o externos y reforzados con hembras de 3 pulgadas por 1/2 pulgada de espesor.

Los tubos de concreto, en su acabado final, cuentan con un macho y una hembra, los cuales sirven de unión y sello en las obras donde son instalados.

En la parte inferior de los moldes se colocan anillos de metal. Estos forman el macho del tubo en el acabado final y en la parte superior de los moldes se forma la hembra con otro anillo metálico, el cual recibe una presión hidráulica, dejando de esta forma el acabado final de los tubos.

Debido al desgaste, debido a la fricción entre la lámina y el concreto, se deben reparar los moldes cada mes y medio, empleando para este fin soldadura al arco eléctrico con electrodos, como material de aporte.

Se realiza limpieza diaria en todos los equipos que tienen contacto con el concreto, utilizando media hora para este fin, para evitar que el concreto se adhiera al secarse.

Figura 8. **Molde interno**



Fuente: planta Los Canarios.

Figura 9. **Molde externo**



Fuente: planta Los Canarios.

En la empresa se tienen moldes para trabajar tubos desde 6 hasta 60 pulgadas de diámetro interno, los cuales sufren desgastes por el material que se usa en la elaboración del concreto, por lo que la limpieza al final del turno de trabajo es sumamente necesaria para prolongar la vida útil de los moldes.

El desgaste de los moldes actualmente es de aproximadamente un 30 %, lo cual lo determina el espesor de pared de los tubos, ya que se tiene normado el mínimo de pared del tubo por COGUANOR.

Las condiciones de las bandas de hule para el transporte de los materiales son aceptables debido a que cuenta con el mantenimiento adecuado, el cual permite alargar al máximo su vida útil.

Se realizan los cambios de aceite en el sistema hidráulico una vez por año, cambio de cojinetes cada 9,000 horas y la banda de hule cada 2 años.

En la línea 1 de producción se hacen tubos de 6 hasta 20 pulgadas de diámetro interno y en las líneas 2 y 3 se producen tubos de 24 hasta 60 pulgadas de diámetro interno, con y sin refuerzo de acero.

Los vibradores son motores eléctricos que están provistos en el eje central o rotor de masas que se gradúan, dependiendo de la intensidad de vibración deseada.

Se tienen 6 vibradores para las tres líneas de producción los cuales reciben mantenimiento una vez por mes, principalmente de limpieza, debido a la alta contaminación de polvo.

Figura 10. **Vibrador**



Fuente: planta Los Canarios.

Se usan carretones para el manejo de los distintos materiales que se utilizan en la producción del concreto.

Figura 11. **Carretón**



Fuente: planta Los Canarios.

Se cuenta con una mezcladora de aspas con capacidad de 500 litros, la cual es accionada por un motor de 20 hp y compuertas que funcionan de forma hidráulica. Está provista internamente de forros, inferior y lateral, de lámina endurecida con resistencia de 60 grados Rockwell, para evitar su deterioro por la fricción con los elementos de la mezcla.

Figura 12. **Mezcladora de aspas verticales**



Fuente: planta Los Canarios.

Existen tres líneas de producción; en la línea 1 se produce la tubería de 6 a 20 pulgadas de diámetro interno y en las líneas 2 y 3, los tubos de 24 hasta 60 pulgadas de diámetro interno.

El hecho de contar con una sola mezcladora para las tres líneas, hace que el proceso pierda eficiencia, ya que las formulaciones para la línea 1 son distintas que las de las líneas 2 y 3.

Hay dos montacargas, uno para desencofrado de la tubería de las líneas 2 y 3, con capacidad de levante de 4 toneladas y el otro para despachos y ordenamiento de bodega con capacidad de levante de 3 toneladas.

En la línea 1 se traslada el producto con un equipo manual de la máquina hacia el área de fraguado.

Figura 13. **Canasta**



Fuente: instalaciones de planta Los Canarios.







El patio de bodega de producto terminado es de 600 metros cuadrados, en el cual se ordenan los tubos, dependiendo su diámetro y clasificación, con refuerzo o sin refuerzo.

La línea 1 es una máquina que cuenta con un sistema hidráulico para todos sus movimientos, el molde se encuentra en una fosa de 2,30 metros de profundidad en donde se produce el tubo; luego, mediante accionamiento hidráulico este sube a nivel de piso, en donde es desencofrado por accionamiento hidráulico.

2.3. Diagrama de proceso

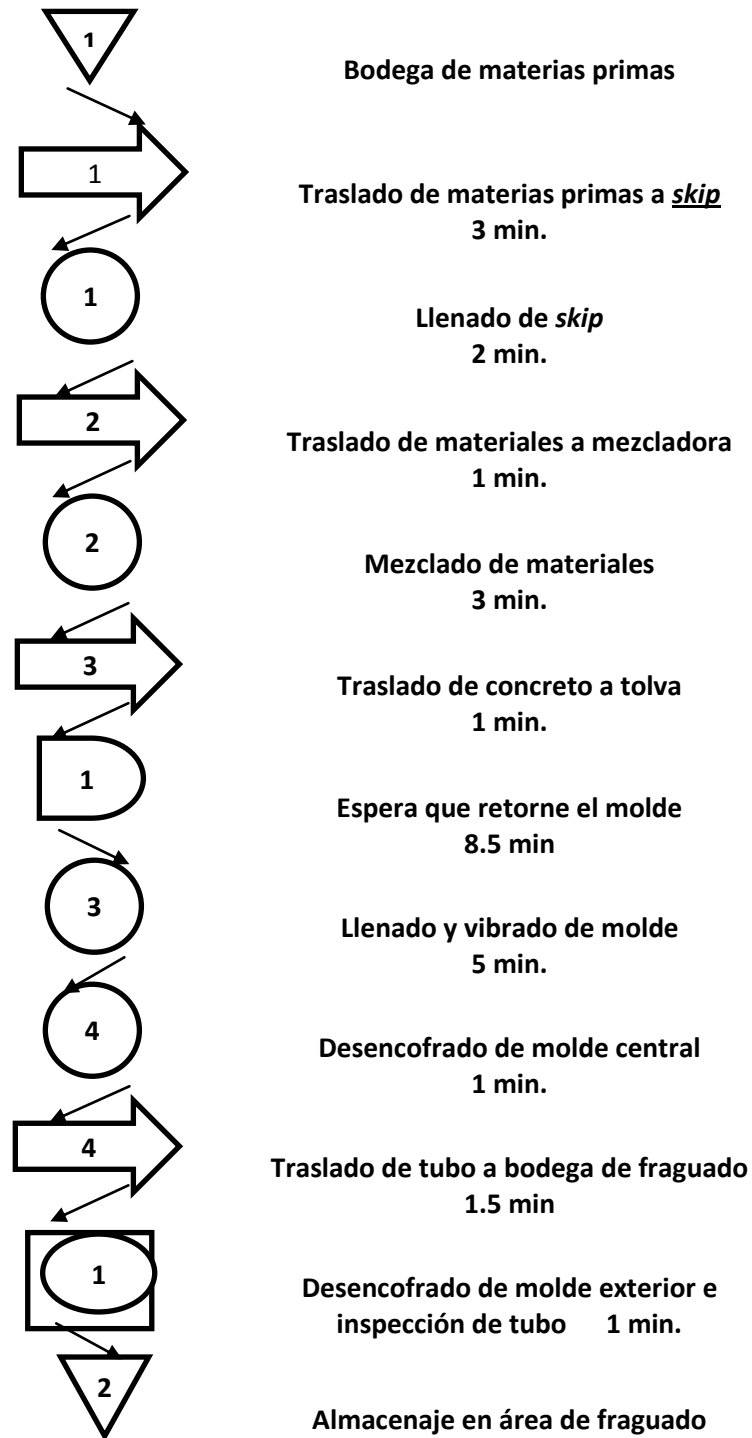
A continuación se describe el proceso a través de un diagrama de flujo. En principio se describe la simbología utilizada en el mismo.

Figura 14. Símbolos de diagrama de proceso

	Operación
	Inspección
	Operación e inspección
	Demora
	Almacenaje
	Transporte

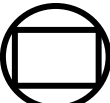
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Diagrama de flujo de operaciones del proceso



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Resumen de operaciones**

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TIEMPO
	Operación	4	11
	Operación e Inspección	1	1
	Demora	1	8.5
	Transporte	4	6.5
	Almacenaje	2	

Fuente: elaboración propia.

2.3.1. **Líneas de producción**

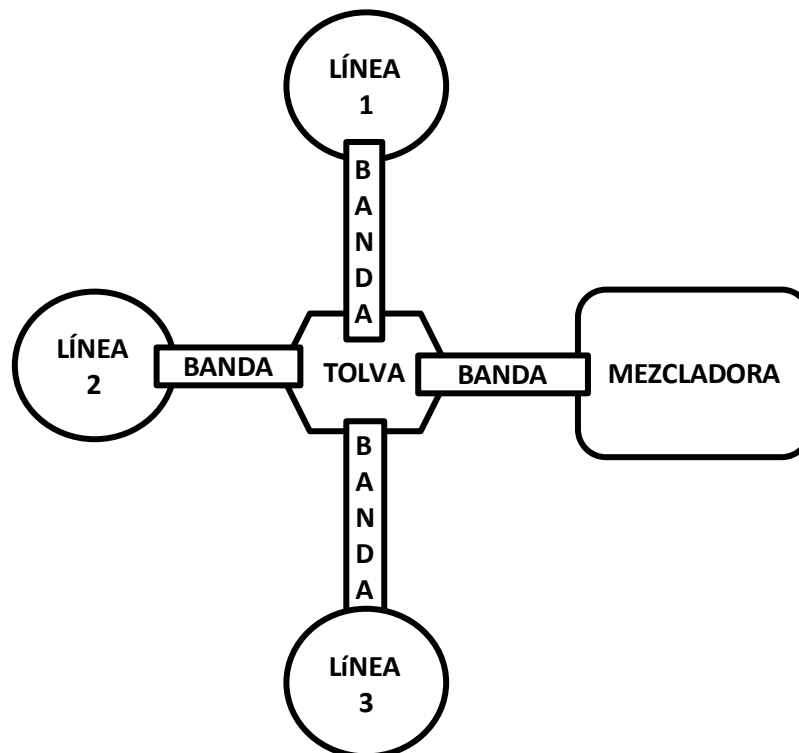
Las líneas de producción están clasificadas como línea 1, 2 y 3, en las cuales se producen los tubos de concreto en sus distintas medidas.

En la línea 1 se producen tubos de 6 hasta 20 pulgadas de diámetro interno.

En la línea 2 se producen tubos de 24 y 30 pulgadas y en la línea 3, se producen tubos de 36 a 60 pulgadas de diámetro interno.

Estas tres líneas operan con la misma mezcladora y formulaciones diferentes, lo que no permite tener un proceso continuo en él, representando pérdidas de tiempo en espera de concreto para ser alimentadas.

Figura 17. **Distribución de líneas y mezcladora**



Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Personal operativo

La planta de producción cuenta con el siguiente personal:

- Jefe de producción: es quien recibe los programas de producción semanal y vela por su ejecución.

- Mezcladora
 - Operador de mezcladora: es el encargado de ingresar las materias primas al *skip* y trasladarlos a la mezcladora para hacer el concreto.
 - Un auxiliar de mezcladora: su función es asistir al operador de mezcladora.

- Línea 1
 - Operador de máquina: se encarga de la operación y control de la máquina.
 - Un auxiliar de línea 1: su función es llevar el producto al área de fraguado.

- Líneas 2 y 3
 - Operador de líneas 2 y 3: es el encargado de desencofrar el producto y la operación del montacargas.
 - Dos auxiliares de línea 2 y 3: su función principal es el llenado de los moldes y asistir al operador de línea.
 - Un encargado de control de calidad: es el encargado de verificar la calidad de las materias primas, elaborar probetas de concreto para su posterior ensayo de resistencia y verificar la calidad de los tubos de concreto.

- Jefe de mantenimiento: elabora los planes de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo y da seguimiento a la realización de los mismos.
 - Un mecánico: realiza todos los trabajos de mantenimiento mecánico tales como lubricación de maquinaria, cambio de cojinetes, fajas, poleas y ajustes de maquinaria.
 - Un electricista: lleva a cabo tareas de mantenimientos eléctricos, limpiezas de paneles, cambio de cables, limpiezas de motores y reparaciones en los sistemas eléctricos.
- Bodeguero: tiene a su cargo las materias primas, almacenamiento de producto terminado y el área de transporte.

El personal de mezcladora debe proporcionar el concreto que demandan las tres líneas de producción, lo que genera pérdidas de tiempo por la espera de concreto para el funcionamiento de las líneas. Es por esta razón que surge la necesidad de independizar la línea 1 en el proceso, habilitando otro equipo de mezclado, lo que hará alcanzar niveles más altos en la eficiencia de la producción de tubos de concreto.

2.3.3. Jornada de trabajo

La jornada de trabajo es de 8 horas, de 7:00 a.m. a 3:00 p.m., incluye 30 minutos de almuerzo. En esta jornada de trabajo también se estipulan 30 minutos al final de la jornada, para limpieza de la maquinaria.

Dependiendo de la demanda, se programa tiempo extraordinario, el cual no debe exceder de 2 horas por día.

Este horario es de lunes a viernes; el día sábado se trabajan 4 horas de 7:00 a 11:00 a.m. y 30 minutos de refacción, tomando el domingo como descanso. Tomando estos datos, de lunes a viernes el tiempo efectivo de producción/día = $8 - 1 = 7$ horas productivas/día.

De las cuatro horas de trabajo del día sábado se resta 1 hora, siendo 3 las horas productivas.

- Tiempo efectivo de producción/semana = $(7 \times 5) + 3$
- Tiempo efectivo/semana = 38 horas

2.4. Instalaciones

La empresa Los Canarios tiene ubicadas sus oficinas centrales en la zona 11 capitalina y la planta de producción se encuentra en San Lucas, San Juan Sacatepéquez.

La planta de producción cuenta con oficinas administrativas que albergan al gerente de planta, y la oficina de despachos, con sus respectivos servicios sanitarios.

El ingreso a la planta cuenta con una garita de seguridad, la cual realiza labores de control de ingreso y egreso de vehículos de clientes, camiones con materia prima y producto terminado.

La infraestructura de la planta de producción está construida con columnas de costanera encajueladas; su piso es de concreto por el tráfico de montacargas; su techo es de lámina y no cuenta con paredes, lo cual le permite una ventilación natural.

Actualmente tiene 5 áreas para la ubicación de materias primas con una capacidad de 150 metros cúbicos; el área para el fraguado de la tubería es de 300 metros cuadrados y el patio de bodega de producto terminado es de 10,000 metros cuadrados.

El agua utilizada para la producción se extrae de un pozo propio con una bomba sumergible de 1.5 hp con un caudal de 18 gpm, la misma es conducida a un tanque elevado con capacidad de 10 metros cúbicos y distribuida a la planta por medio de tubería.

El personal de mantenimiento está ubicado en un taller de 70 metros cuadrados, donde se almacena la herramienta y repuestos para los equipos de producción.

El personal operativo cuenta con comedor, vestidores, 3 baños y tres duchas.

3. PROCESO DE PRODUCCIÓN

En este capítulo se hará mención del proceso de preproducción para la fabricación de tubería de concreto, sin entrar en detalle de las formulaciones que se utilizan por políticas de la empresa.

3.1. Materias primas

Las materias primas que se utilizan para la elaboración de hormigón que se utilizará en la fabricación de los tubos de concreto son las siguientes:

- Piedrín de 1/2 pulgada
- Piedrín de 3/8 de pulgada
- Arena
- Polvo de piedra
- Cemento

El piedrín, tanto de 1/2 como de 3/8 de pulgada, contiene minerales extraídos de ríos o canteras y son los agregados gruesos de la mezcla.

El método para extraer este mineral de las canteras es por medio de explosivos, el cual consiste en perforar la roca con determinadas medidas y distancia de separación, en cuyas perforaciones se introducen los explosivos conectados a un circuito eléctrico, el cual es operado a distancia para explotar la roca.

El producto de la explosión de las rocas es trasladado a la planta de trituración, en la cual, mediante el uso de equipos de trituración y bandas transportadoras es clasificado por una zaranda, la cual agrupa el pedrín según su tamaño por medio de tamices.

Figura 18. **Agregados gruesos, pedrín de 1/2 y 3/8 de pulgada**



Fuente: planta Los Canarios.

Los agregados finos como la arena y el polvo de piedra son subproductos que se obtienen también de la trituración de roca, siendo la arena de 0 a 1/8 de pulgada, los cuales se obtienen por medio de tamices.

Figura 19. **Agregados finos, arena y polvo de piedra**



Fuente: planta Los Canarios.

El cemento es el elemento formado por la mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. La molienda de estas dos rocas se llama *clinker*, convirtiéndose en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a la mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Mezclado con agregados como la arena, pedrín, polvo de piedra y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua, endurece y se denomina concreto u hormigón.

3.2. Carga de mezcladora

El proceso inicia en el traslado de las materias primas que se colocan en el *skip*, agregados gruesos, finos y cemento, los cuales son subidos a la mezcladora por medio de rieles guías y descargados dentro de la mezcladora.

Las cantidades que se agregan al *skip* para ser trasladados a la mezcladora, dependen de la fórmula que se esté utilizando.

El cemento se pesa en una balanza digital y se agrega al *skip* para ser transportado a la mezcladora junto a los otros materiales.

Figura 20. **Balanza digital**



Fuente: instalaciones de planta Los Canarios.

3.3. Proceso de mezclado

Es de suma importancia que este proceso se lleve a cabo de la mejor manera, ya que los materiales deben quedar lo más homogéneamente mezclados y evitar la segregación.

Otro factor importante en este proceso es la cantidad de agua que se agrega a la mezcla, ya que de ella depende la formación de los tubos y el consumo de cemento.

Si la mezcla contiene mucha agua, los tubos tienden a deformarse, y la mezcla pierde resistencia; de ahí la importancia de tener un estricto control de la humedad de los materiales a mezclar, ya que de estos dependerá la cantidad de agua a agregar. En invierno es más crítico ya que los materiales como la arena y el polvo de piedra tienen más humedad que en verano.

3.4. Proceso de llenado y vibrado de moldes

Este proceso consiste en llenar los moldes con la mezcla de concreto producido en la mezcladora.

Después de estar hecho el concreto, este se traslada por medio de una banda transportadora hacia una tolva, la cual tiene capacidad de 1000 L, el doble de capacidad de la mezcladora.

De la tolva se traslada a los moldes por medio de otra banda transportadora para llenar los moldes y al mismo tiempo se están vibrando para obtener una compactación dentro del molde.

Figura 21. **Proceso de llenado y vibrado de molde**



Fuente: planta Los Canarios.

El acabado final del tubo se realiza por medio de presión hecha manualmente, la cual forma la hembra del tubo.

3.5. Proceso de desencofrado

El proceso de desencofrado se realiza en dos etapas, utilizando un montacargas para este fin.

Inicialmente se retira el tubo del molde central con el montacargas y es trasladado al área de fraguado.

Figura 22. **Desencofrado molde central**



Fuente: planta Los Canarios.

Estando en el área de fraguado se procede a retirar el molde exterior utilizando el montacargas y cadenas, quedando el tubo soportado por un anillo de metal, el cual forma el macho del tubo.

Este procedimiento se efectúa en los tubos de 24 hasta 48 pulgadas que se hacen en las líneas 2 y 3, ya que la tubería de 6 a 20 pulgadas de hacen en la línea 1.

Figura 23. **Desencofrado molde exterior**



Fuente: planta Los Canarios.

3.6. Cuello de botella

El cuello de botella se forma en la alimentación de las tres líneas, como se indica en la figura 17, en donde se ilustra la forma como están distribuidas las tres líneas alimentadas por una mezcladora, la cual debe hacer por lo menos dos mezclas distintas, lo que hace que se pierda tiempo de espera para poder alimentar los moldes. Es por eso que se considera el montaje de un equipo adicional de mezclado para la línea 1, ya que al independizar la alimentación de concreto para esta línea se eliminará el cuello de botella, quedando la mezcladora con capacidad de 500 litros para alimentar concreto solo a las líneas 2 y 3.

3.7. Tiempos muertos en líneas de producción

Los tiempos muertos en las líneas de producción van desde los 12 a 18 minutos, dependiendo del tipo de tubo que se fabrique.

La mezcladora alimenta a la tolva central, la cual se encarga de distribuir el concreto a las tres líneas. Debido a que la formulación del concreto de la línea 1 es diferente a la formulación del concreto de las líneas 2 y 3, repercute en tiempo de espera hasta que se consuma el concreto en la tolva.

Tomando en cuenta estos tiempos muertos, se hace inevitable para incrementar la eficiencia agregar al proceso otro equipo de mezclado, el cual suministrará el concreto a la línea 1 para independizarla en el proceso.

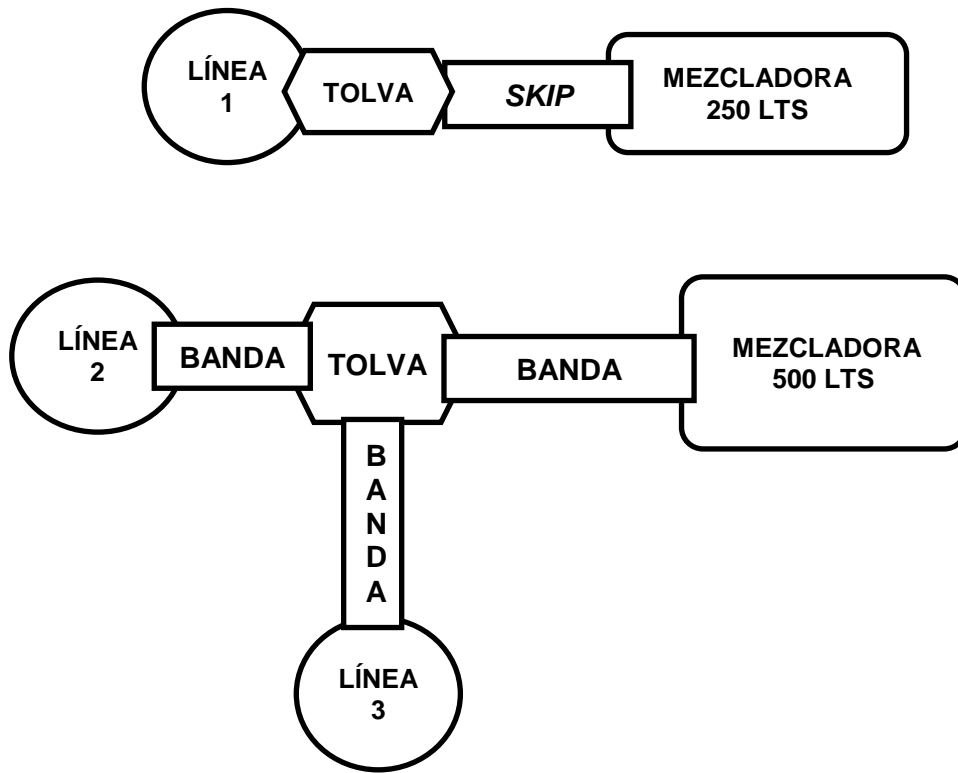
En la planta de producción de Los Canarios existe un equipo de mezclado, el cual cuenta con lo siguiente:

- Rieles guías de *skip*
- *Skip*
- Mezcladora

Este equipo será reconstruido e instalado en la línea 1 de producción, lo que repercutirá en el incremento de producción en el proceso en general de la planta.

La nueva distribución de las líneas de producción será como se ilustra en la figura 24.

Figura 24. Nueva distribución de líneas de producción



Fuente: elaboración propia.

4. RECONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE EQUIPO DE MEZCLADO

La parte medular de este trabajo consiste en la reconstrucción y montaje del equipo existente en la planta, ya que con esto se logrará el incremento en la eficiencia de la producción.

4.1. Evaluación y reconstrucción de equipo de mezclado

El equipo de mezclado consiste en un *skip*, las guías de *skip* y la mezcladora, los mismos se encuentran oxidados y sin uso alguno.

Estos equipos fueron utilizados en otras máquinas, las cuales ya no están en operación, por lo que se hará el reacondicionamiento de los mismos para ser integrados a la línea 1 de producción.

4.1.1. *Skip*

El *skip* es parte del equipo de mezclado que transporta la mezcla de concreto de la parte inferior de la mezcladora hacia la tolva de descarga en la línea 1.

El *skip* está formado por el canjilón y tres ejes, uno de 3 pulgadas y dos de 2 pulgadas de diámetro. En el eje de 3 pulgadas se localiza una polea de 8 pulgadas de diámetro, en la cual se desplaza un cable acerado de 3/8 de pulgada de diámetro que desplaza el canjilón del punto inferior de carga al punto superior de descarga de cemento.

El eje de 3 pulgadas tiene en sus extremos 2 rodos de hule que tienen la función de estabilizar al *skip* en el momento de la descarga del concreto.

Para realizar el desplazamiento sobre las guías utiliza 4 cojinetes que están montados en los 2 ejes de acero de 2 pulgadas de grueso. Uno de los ejes se desplaza por la parte interna de las guías y el otro sobre la parte superior de las guías.

Figura 25. ***Skip***



Fuente: planta Los Canarios.

Los cuatro cojinetes se encuentran en malas condiciones, los cuales serán cambiados por cojinetes de contacto radial No. 6903 jaula de acero y sellos de metal.

Los rodos de hule se encuentran en buenas condiciones de trabajo, por lo que se efectuará solo limpieza y lubricación de cojinetes.

4.1.2. Guías de *skip*

Las guías sirven para que el *skip* se desplace del punto inferior de carga al punto superior de descarga de cemento. Estas están fabricadas de perfil tipo U de 5 por 2 pulgadas, con espesor de 1/4 de pulgada.

En la parte superior de las guías se localiza un motorreductor de 1.5 hp, el cual está acoplado a un carrete en el cual se enrolla el cable acerado, cuando se desplaza el *skip* en la descarga del concreto.

Estas guías serán cortadas a la medida que se necesite, dependiendo de la profundidad a la que deba de llegar el *skip*, bajo el punto inferior de carga de cemento.

El carrete está provisto de un sistema de freno, el cual evita que el *skip* se desplace por gravedad en cualquier punto intermedio de la carga o descarga del cemento. La vida útil de las fricciones llegó al final y serán reemplazadas por fricciones nuevas.

La tolva de descarga puede ser utilizada como se encuentra y no amerita ningún trabajo adicional de protección.

Figura 26. **Guías de skip**



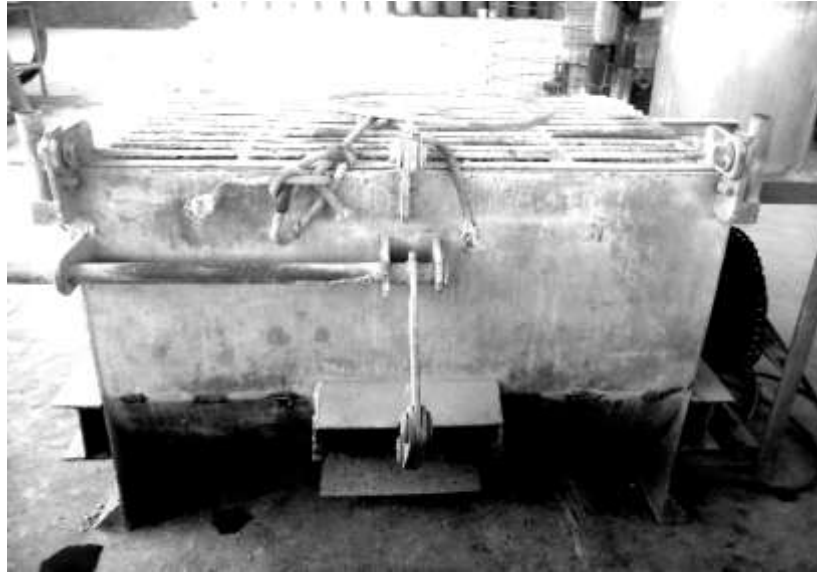
Fuente: planta Los Canarios.

4.1.3. Mezcladora

La mezcladora es de aspas horizontales con capacidad de 250 lts, accionada por un motor de 20 hp, 1700 rpm y 240 voltios.

Las revoluciones de la mezcladora son de 68 rpm por contar con doble reducción de velocidad, la primera con 2 poleas tipo B de 3 ranuras (diámetros de 4 y 32 pulgadas) y la segunda reducción con 2 piñones con cadena paso 60 (16 y 50 dientes).

Figura 27. **Mezcladora**



Fuente: planta Los Canarios.

El cálculo para la obtención de las revoluciones al eje de la mezcladora V_m , es el siguiente:

Primera reducción de velocidad

$$1700 \times 4 = 32 \times V_1$$

$$V_1 = 6800 / 32$$

$$V_1 = 212.5 \text{ rpm}$$

Segunda reducción de velocidad

$$212.5 \times 16 = 50 \times V_m$$

$$V_m = 3400 / 50$$

$$V_m = 68 \text{ rpm}$$

Figura 28. **Reducción de velocidad, poleas y piñones**



Fuente: planta Los Canarios.

4.2. Cimentación

La cimentación es la base sobre la cual descansarán la mezcladora y las guías del *skip*.

Para esto se tomaron las medidas necesarias que fijen el punto de descarga de la mezcladora y la altura de descarga del *skip* en la tolva, lo cual determinó el largo de las guías del *skip* para su corte.

Las dimensiones de la fosa para el *skip* son de 1.50 metros de largo por 1.50 metros de ancho y 2.00 metros de profundidad.

Las dimensiones de la fosa para la mezcladora son de 1.30 metros de largo por 2.00 metros de ancho y 0.70 metros de profundidad.

La fosa del *skip* es más profunda, ya que la mezcladora tiene la descarga del concreto en la parte inferior.

Figura 29. **Fosa para cimentación de *skip***



Fuente: planta Los Canarios.

La fosa de la mezcladora se hizo con espacio lateral adecuado para facilitar el cambio de fajas en las poleas y la lubricación de los piñones.

Figura 30. **Fosa para mezcladora**



Fuente: planta Los Canarios.

4.2.1. Resistencia de concreto de fundición

Para la fabricación del concreto se utilizó pedrín de 1/2 y 3/8 de pulgada, arena y cemento, obteniéndose en la prueba de compresión de probetas a 28 días de 3,200 psi.

La fundición es de concreto con refuerzo de maya de 6,20 mm de alta resistencia grado 70.

Se efectuó un alisado a las paredes laterales y en el fondo de la fosa se instaló un drenaje para la evacuación de agua.

4.2.2. Fosa para cimentación

Para las paredes de la fosa de cimentación se colocó block de 15 cm X 20 cm X 40 cm, pines de hierro de 3/8 de pulgada a cada 50 cm; se repelló y alisó con mortero de cemento y arena.

Figura 31. Paredes de fosa I



Fuente: planta Los Canarios.

Figura 32. **Paredes de fosa II**



Fuente: planta Los Canarios.

4.2.3. Fundición de cimiento

El cimiento incluye el piso inferior del *skip*, la mezcladora y la parte superior en donde será operado el equipo de mezclado. La fundición se hizo en dos etapas: primero las paredes y posteriormente el piso. Se hizo de hormigón con resistencia a la compresión de 3,200 psi y refuerzo de malla de 6,20 mm grado 70.

Figura 33. **Fundición de cimiento**



Fuente: planta Los Canarios.

Figura 34. **Acabado de fundición**



Fuente: planta Los Canarios.

4.3. Montaje de equipo de mezclado

Para el montaje del equipo de mezclado se utilizó un montacargas de 3 toneladas, polipasto, cadenas y lazos.

4.3.1. Anclaje de guías de *skip*

Para el anclaje de las guías del *skip* se utilizaron 16 pernos para anclaje en concreto de 4" de largo por 3/8" de diámetro, para lo cual se utilizó barrenos con rotomartillo y broca para concreto.

Figura 35. **Perno de anclaje**



Fuente: www.panamafasteners.com/newsite. Consulta: 12 de noviembre de 2014.

Figura 36. **Guías de *skip* instalado**



Fuente: planta Los Canarios.

4.3.2. Montaje de *skip*

Para el montaje del *skip* se utilizaron montacargas, polipasto y cadenas, tomando las medidas necesarias de seguridad en los movimientos, como la utilización de cascos, botas con punta de acero, chalecos con cintas reflectivas y cinchos de seguridad para trabajos en altura.

Figura 37. Montaje de *skip*

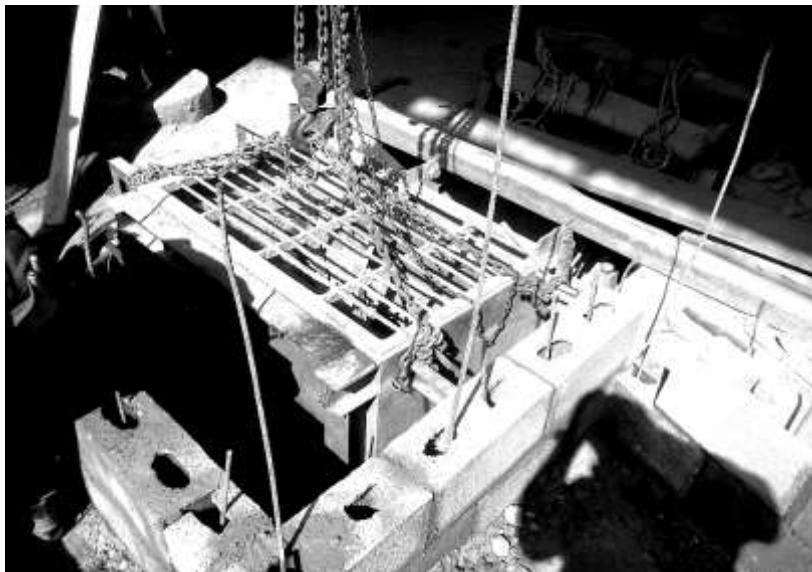


Fuente: planta Los Canarios.

4.3.3. Montaje de mezcladora

Para el montaje de la mezcladora se hizo uso de montacargas, polipasto, cadenas y lazos. Se utilizaron 8 pernos de anclaje en concreto y cuatro platinas de lámina negra lisa de 8 X 8 pulgadas y 1/2 pulgada de espesor, las cuales fueron soldadas a la base de la mezcladora.

Figura 38. **Montaje de mezcladora**



Fuente: planta Los Canarios.

4.3.4. Lubricación de equipo

Para la lubricación de los equipos se utilizó grasa Movilux EP2 y aceite multigrado T-85/140-SP. La grasa Movilux EP2 es de tipo industrial y uso general; se aplicó a las chumaceras, cojinetes, guías de *skip*, piñones y cable acerado.

El aceite multigrado se aplicó a la caja de reducción que se encuentra acoplada al carrete de enrollamiento del cable acerado; se harán chequeos de nivel cada mes, y cambio completo una vez por año. Para mejor rendimiento y conservación de los equipos de mezclado se presentó la tabla de rutinas de lubricación siguiente:

Tabla VI. Rutinas de lubricación

ÁREA	FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN		GRASA EP2	ACEITE T-85/140-S
Guías de skip	Cable acerado	15 días	X	
	Chumaceras	15 días	X	
	Guías	7 días	X	
	Caja reductora	1 año		X
Skip	Cojinetes guías	15 días	X	
	Polea	15 días	X	
Mezcladora	Piñones	7 días	X	
	Chumaceras	15 días	X	

Fuente: elaboración propia.

4.3.5. Instalaciones eléctricas

El sistema eléctrico se hizo por completo, tablero de control, cableado, instalación de limitadores de carrera, etc. Los materiales utilizados para el sistema eléctrico se detallan en la tabla siguiente.

Tabla VII. **Materiales eléctricos**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
3	Contactores de 10 amperios/220 voltios
3	Contactores de 25 amperios/220 voltios
1	<i>Timer</i> de control estrella/delta 220 voltios
1	Guarda motor de 10 a 30 amperios
1	Riel
1	Caja para panel de control 500 X 300 X200
1	Hongo de emergencia
3	Pulsadores verdes
2	Pulsadores rojos
1	Selector <i>ON/OFF</i>
3	Luces piloto
1	Bloqueo mecánico
3	Límites de carrera

Fuente: elaboración propia.

El control eléctrico del equipo de mezclado es de forma manual, el movimiento del recorrido del *skip* es controlado por 2 limitadores de carrera. Se colocó uno adicional en el punto de descarga como seguridad.

El accionamiento de la mezcladora se hace de forma manual por el operador del equipo, tiene bajo su responsabilidad los agregados utilizados en la elaboración del concreto.

Figura 39. **Panel de control**



Fuente: planta Los Canarios.

Figura 40. **Mezcladora instalada**



Fuente: planta Los Canarios.

Figura 41. ***Skip*** y guías instaladas



Fuente: planta Los Canarios

5. DOCUMENTACIÓN DE NUEVA EFICIENCIA

En este capítulo se presentan los datos obtenidos antes y después de la instalación del equipo de mezclado, lo cual evidenciará la variación en la eficiencia y el aumento de la producción.

5.1. Tabulación de datos

Para la tabulación de datos se tomaron producciones de cuatro días, en los cuales no se tuviera pérdidas de tiempo por fallos de máquinas o de cualquier otra índole, que representara una variación considerable en la eficiencia.

5.1.1. Línea de proceso uno

En la línea 1 de producción se fabrican tubos de 6 a 20 pulgadas de diámetro interno, y para efectos comparativos se tomaron 4 tipos de tubos diferentes.

Tabla VIII. **Producción antes de la instalación del equipo de mezclado**

DIÁMETRO EN PULGADAS	DÍAS DE PRODUCCIÓN				PROMEDIO
	1	2	3	4	
8	135	124	132	130	130
10	108	122	118	111	115
12	98	116	108	109	108
18	60	58	54	55	57

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Producción después de instalado el equipo de mezclado**

DIÁMETRO EN PULGADAS	DÍAS DE PRODUCCIÓN				PROMEDIO
	1	2	3	4	
8	148	158	162	141	152
10	128	132	142	147	137
12	128	136	132	136	133
18	68	64	67	62	65

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Incremento de producción en la línea 1**

DIÁMETRO EN PULGADAS	ANTES DE LA INSTALACIÓN	DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN	% DE INCREMENTO
8	130	142	14
10	115	137	16
12	108	133	19
18	57	65	13

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Líneas de proceso dos y tres

En las líneas 2 y 3 de producción se fabrican tubos de 24 hasta 42 pulgadas de diámetro interno, y para efectos comparativos se tomó la muestra con tres diámetros diferentes.

Tabla XI. **Producción antes de la instalación del equipo de mezclado**

DIÁMETRO EN PULGADAS	DÍAS DE PRODUCCIÓN				PROMEDIO
	1	2	3	4	
24	46	42	49	50	47
30	36	42	43	40	40
36	34	37	34	36	35

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Producción después de la instalación del equipo de mezclado**

DIÁMETRO EN PULGADAS	DÍAS DE PRODUCCIÓN				PROMEDIO
	1	2	3	4	
24	63	60	62	64	62
30	42	39	48	44	43
36	40	44	39	43	42

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Incremento de producción en las líneas 2 y 3**

DIÁMETRO EN PULGADAS	ANTES DE LA INSTALACIÓN	DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN	% DE INCREMENTO
24	47	62	25
30	40	43	7
36	35	42	15

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Con base en el análisis del diagrama de flujo de proceso, se determinó que los tiempos muertos se deben a la operación de las tres líneas de producción con una mezcladora.
2. La unificación de criterio determina que se debe colocar el equipo de mezclado en la línea uno de producción.
3. Mediante la reconstrucción y montaje del equipo de mezclado en la línea 1 de producción se logró el incremento en la producción de tubos de concreto.
4. Se pueden trabajar en las líneas 2 y 3 productos con diferente formulación, sean estos con o sin refuerzo de acero, alternando las unidades de tubos producidas por cada mezclada.
5. El incremento promedio alcanzado en la eficiencia de producción en la línea uno es de 15,50 % y en las líneas dos y tres de 15,60 %.

RECOMENDACIONES

1. Programar los mantenimientos preventivos de los equipos en el tiempo que se destina para la limpieza de la maquinaria.
2. Que la producción de las líneas 2 y 3 deben realizarse con la misma formulación, para evitar la contaminación de la mezcla y pérdidas de tiempo en el proceso.
3. Desconectar el fluido eléctrico durante la limpieza de las mezcladoras para evitar accidentes.
4. Realizar una limpieza profunda en la mezcladora de las líneas 2 y 3 en cada cambio de fórmula, para evitar contaminación de materiales,
5. Efectuar las lubricaciones y cambios de aceite recomendados para alargar la vida útil de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

1. COGUANOR. *NTG 41072. Tubos de concreto no reforzados, Norma técnica guatemalteca, equivalente a la norma ASTM C14-11.* Guatemala, 2013. 14 p.
2. _____. *NTG 41077. Tubos de concreto reforzados, Norma técnica guatemalteca, equivalente a la norma ASTM C76M-12.* Guatemala, 2013. 24 p.
3. FAIRES, Virgil Moring. *Diseño de elementos de máquinas.* 4a ed. México: Limusa, 2011. 185 p.
4. FIGUEROA FUENTES, Mynor Roderico. *Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 75 p.
5. GAMBOA ARÉVALO, Leonel Estuardo. *Consideraciones técnicas para la selección, instalación y mantenimiento de equipos de pesaje continuo, en bandas transportadoras.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 57 p.

6. GODOY CAGUAMA, Pablo César. *Diseño y construcción de una maquina automática para la fabricación de prefabricados de hormigón*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería. Mecánica, Ecuador: 2009. 136 p.
7. HILTI. *Manual técnico de productos de anclaje*. 5/00. 89 p.
8. MARKS. *Manual del Ingeniero Mecánico*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1985. 1793 p.
9. NASH, William A. *Resistencia de materiales*. México: McGraw-Hill, 1982. 299 p.
10. NTN. *Rodamiento de bolas y rodillos, Catálogo, NTN Corporación*. Canadá, 2004. 412 p.
11. VIDES TOVAR, Armando. *Enseñanza práctica en la construcción de la vivienda*. Guatemala: Piedra Santa, 1976. 513 p.