



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

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y  
VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO EN LA  
EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA (POLYTEC)**

**Emmanuel Eduardo Ramírez Santos**

Asesorado por la Inga. Jacqueline Siomara Licardie Turcios

Guatemala, Septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y  
VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO EN LA  
EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA (POLYTEC)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**EMMANUEL EDUARDO RAMÍREZ SANTOS**

ASESORADO POR LA INGA. JACQUELINE SIOMARA LICARDIE TURCIOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

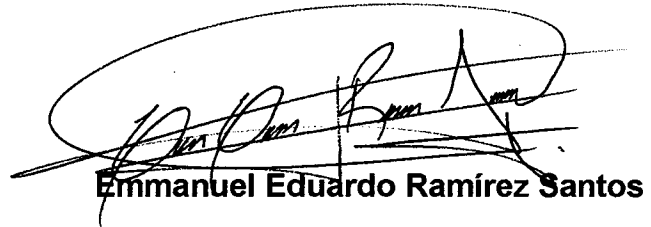
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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.

### **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA (POLYTEC)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de 9 de febrero de 2010.



**Emmanuel Eduardo Ramírez Santos**

Guatemala, 11 marzo de 2011

**Ingeniero**

Cesar Urquizú Rodas

Director de Escuela Mecánica Industrial

Facultad de ingeniería

USAC

Su despacho

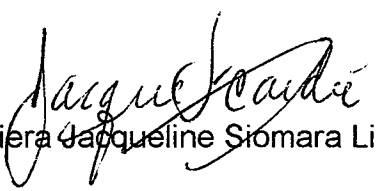
Estimado Ingeniero Urquizú:

Me es grato dirigirme a usted, para informarle que cumpliendo con lo resuelto por la Dirección de Escuela, se procedió a la asesoría y revisión del Trabajo de Graduación titulado **“ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA (PolyTec)”** desarrollado por el estudiante universitario Emmanuel Eduardo Ramírez Santos con número de carné 2004-12628.

El trabajo presentado por el estudiante, ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos necesarios, por lo que considero que el trabajo ha cubierto los objetivos del estudio planteado, habiendo proyectado criterios de ingeniería en su desarrollo. Por lo que permito informarle que encuentro satisfactorio el trabajo realizado y lo remito a usted para los trámites respectivos.

Sin otro particular me despido de usted

Atentamente,

  
Ingeniera Jacqueline Siomara Licardie Turcios  
Ingeniera Industrial  
Colegiado activo 6956

Jacqueline Siomara Licardie Turcios  
INGENIERA INDUSTRIAL  
COLEGIADO ACTIVO No. 6956

Asesora

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**

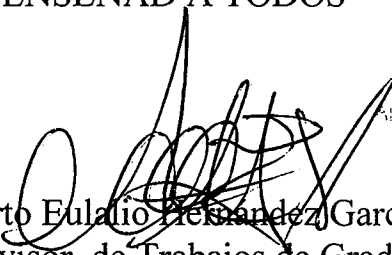


**FACULTAD DE INGENIERÍA**

REF.REV.EMI.141.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA (PolyTec)**, presentado por el estudiante universitario **Emmanuel Eduardo Ramírez Santos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Alberto Eulalio Hernández García  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Alberto E. Hernández García  
Ingeniero Industrial  
Colegiado 8658

Guatemala septiembre de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.231.013

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 **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA (POLYTEC)**, presentado por el estudiante universitario **Emmanuel Eduardo Ramírez Santos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2013.

/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: **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA (POLYTEC)**, presentado por el estudiante universitario: **Emmanuel Eduardo Ramírez Santos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, Septiembre de 2013

/cc



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Dios**

Por iluminar siempre camino mi y por brindarme la sabiduría y paciencia necesaria en todo momento para luchar cada día y vencer los obstáculos.

**Mis padres  
(Lilian Santos y  
Oscar Ramírez)**

Por brindarme su apoyo siempre en los buenos y malos momentos; quienes velaron por mi bienestar sin importar cuántos sacrificios tenían que realizar; por lo que gracias a su ejemplo hoy en día soy una persona integra con sólidos principios morales, capaz alcanzar cualquier meta.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por albergarme en mis años de estudio y brindarme la oportunidad de ser un profesional y una mejor persona en todo los aspectos de mi vida.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Por iluminar siempre camino mi y por brindarme la sabiduría y paciencia necesaria en todo momento para luchar cada día y vencer los obstáculos.

**Mis padres  
(Lilian Santos y  
Oscar Ramírez)**

Por brindarme su apoyo siempre en los buenos y malos momentos; quienes velaron por mi bienestar sin importar cuántos sacrificios tenían que realizar; por lo que gracias a su ejemplo hoy en día soy una persona integra con sólidos principios morales, capaz alcanzar cualquier meta.

**Mis hermanos  
(Aydee y Rodrigo  
Ramírez)**

Por estar a mi lado y compartir momentos inolvidables; sin embargo, a pesar de los momentos difíciles siempre demuestran su afecto y su apoyo incondicional.

**Mi primo**

Rodrigo Javier Santos Corado por demostrarme tu cariño, pero principalmente por todas tus ocurrencias que siempre me llenan de alegría.

**Mi novia**

Josseline Yela por ser un gran apoyo, por siempre confiar en mí, pero principalmente su amor y su dedicación.

**Amigos**

De la universidad y de la colonia les agradezco por permitirme compartir estos años de lucha, gratas vivencias y así como la angustia de momentos difíciles en los cuales me brindaron palabras de aliento para seguir adelante.

**Juan Paredes**

Por ser un gran apoyo en la elaboración del trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS .....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Empresa Polytec .....	1
1.1.1. Ubicación de la empresa.....	1
1.1.2. Historia.....	3
1.1.3. Visión.....	7
1.1.4. Misión .....	7
1.1.5. Política de calidad.....	7
1.1.6. Organigrama.....	8
1.2. Extrusión .....	9
1.2.1. Proceso de extrusión .....	10
1.2.2. Tipos de extrusión.....	13
1.2.3. Extrusión de polímeros .....	14
1.2.4. Burbuja en la extrusión .....	15
1.3. Ventilación.....	16
1.3.1. Tipos de ventilación .....	16
1.3.2. Sistemas de ventilación .....	17
1.3.2.1. Ventilación natural.....	17
1.3.2.2. Ventilación artificial .....	18
1.3.3. Extractor de calor.....	19

	1.3.3.1.	Tipos de extractores de calor.....	19
1.4.		Iluminación.....	20
	1.4.1.	Tipos de iluminación.....	23
	1.4.2.	Métodos de iluminación.....	25
	1.4.2.1.	Método de Cavidad Zonal.....	26
2.		SITUACIÓN ACTUAL.....	31
2.1.		Ambiente de trabajo en el Área de Extrusión.....	32
2.2.		Ventilación.....	33
	2.2.1.	Tipo de ventilación utilizada.....	34
	2.2.2.	Área de Extrusión de Plástico.....	36
	2.2.3.	Temperatura en el trabajo.....	37
	2.2.3.1.	Concentración de calor en el Área de Extrusión.....	39
	2.2.3.2.	Extractores de calor.....	40
	2.2.4.	Análisis del sistema de ventilación.....	41
	2.2.4.1.	Variación de temperatura.....	42
	2.2.4.2.	Introducción de aire al Área de Extrusión.....	43
2.3.		Iluminación.....	43
	2.3.1.	Iluminación en el área de extrusión de plástico.....	44
	2.3.1.1.	Iluminación natural.....	45
	2.3.1.2.	Iluminación artificial.....	46
	2.3.1.3.	Iluminación combinada.....	46
	2.3.2.	Distribución de lámparas.....	47
	2.3.3.	Diseño de iluminación.....	48
	2.3.4.	Descripción de luminarias utilizadas.....	50

3.	PROPUESTA PARA LA MEJORA AL SISTEMA DE VENTILACIÓN E ILUMINACIÓN.....	53
3.1.	Ventilación en el Área de Extrusión de Plástico .....	53
3.1.1.	Ventilación eficiente y adecuada.....	53
3.1.2.	Ventilación basada en la extracción de aire y calor.....	62
3.1.3.	Inyección natural de aire al Área de Extrusión .....	62
3.1.3.1.	Efectos en la burbuja de extrusión de plásticos .....	64
3.2.	Iluminación en el Área de Extrusión de Plástico .....	64
3.2.1.	Iluminación natural.....	65
3.2.1.1.	Estudio de la iluminación natural dentro del área .....	65
3.2.2.	Iluminación artificial.....	71
3.2.2.1.	Iluminación artificial dentro del Área de Extrusión .....	71
3.2.3.	Evaluación del sistema de iluminación por medio del Método de Cavidad Zonal .....	72
3.2.3.1.	Tipo de luminarias utilizada .....	90
3.2.3.2.	Diseño de la distribución de lámparas .....	92
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	97
4.1.	Ventilación.....	103
4.1.1.	Sistema de ventilación artificial .....	104
4.1.2.	Distribución del sistema de ventilación.....	104
4.1.3.	Sistema de filtrado de aire .....	104
4.1.4.	Implementación de extractores de calor.....	105
4.1.4.1.	Ubicación de extractores de calor ...	105

	4.1.4.2.	Instalación de extractores .....	106
	4.1.5.	Introducción de aire en el Área de Extrusión .....	107
	4.1.5.1.	Efectos en la burbuja de extrusión de plásticos.....	111
	4.1.6.	Mantenimiento preventivo del sistema.....	111
	4.1.6.1.	Sistema de ventilación .....	111
	4.1.6.2.	Extractores .....	112
4.2.		Iluminación.....	112
	4.2.1.	Iluminación artificial .....	113
	4.2.1.1.	Redistribución de lámparas .....	113
	4.2.1.2.	Instalación de luminarias .....	116
	4.2.2.	Iluminación natural .....	117
	4.2.2.1.	Ubicación de focos de luz natural ....	117
	4.2.3.	Mantenimiento preventivo .....	118
	4.2.3.1.	Iluminación artificial .....	119
	4.2.3.2.	Iluminación natural.....	119
4.3.		Monitoreo de producción al realizarse los cambios .....	119
4.4.		Manejo y control de tiempos.....	120
4.5.		Gestión de mantenimiento.....	121
	4.5.1.	Preventivo .....	122
	4.5.2.	Correctivo.....	123
5.		MEJORA CONTINUA .....	125
	5.1.	Estudios periódicos de ventilación e iluminación .....	126
	5.2.	Resultados de los sistemas aplicados.....	127
	5.2.1.	Análisis de resultados.....	127
	5.2.1.1.	Sistema de ventilación .....	128
	5.2.1.2.	Sistema de iluminación.....	128
5.3.		Ventajas y desventajas .....	129

5.4.	Monitoreo constante .....	130
5.4.1.	Supervisión periódica.....	130
5.4.1.1.	Sistema de ventilación .....	131
5.4.1.2.	Sistema de iluminación .....	131
5.4.2.	Mantenimiento preventivo .....	131
5.5.	Estadísticas .....	132
5.6.	Beneficios .....	132
5.7.	Auditorías .....	133
5.7.1.	Auditorías internas .....	134
5.7.2.	Auditorías externas .....	134
CONCLUSIONES .....		135
RECOMENDACIONES.....		137
BIBLIOGRAFÍA.....		139
ANEXOS .....		141





# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Croquis de la ubicación de la empresa.....	2
2.	Ubicación satelital de la empresa Polytec .....	2
3.	Organigrama de la empresa Polímeros y Tecnología S.A. ....	8
4.	Croquis de la empresa .....	36
5.	Vista lateral de la empresa .....	49
6.	Distribución del diseño actual de iluminación .....	51
7.	Distribución propuesta para el sistema de ventilación .....	63
8.	Dimensiones de la nave .....	66
9.	Distancia entre la pared y la punta del techo .....	66
10.	Figura de ley de cosenos .....	67
11.	Dimensiones de láminas naves 1 .....	68
12.	Dimensiones de láminas naves 2.....	69
13.	Dimensiones de láminas naves 3.....	70
14.	Dimensiones de las naves .....	72
15.	Distribución y distancia entre luminarias .....	73
16.	Altura de luminaria y área de trabajo.....	75
17.	Relación de cavidad nave 1 .....	80
18.	Relación de cavidad nave 2 .....	86
19.	Ficha técnica de la luminaria utilizada .....	91
20.	Distribución de las luminarias según el Método de Cavidad Zonal .....	93
21.	Distribución del nuevo sistema de iluminación artificial .....	94
22.	Diferentes vistas de la planta .....	106
23.	Distribución de los extractores de aire de la planta de producción ....	109

24.	Distribución de las entradas de aire a la planta de producción .....	110
25.	Distribución de lámparas en la maquinaria .....	114
26.	Redistribución de luminarias de techo .....	116
27.	Techos de dos aguas .....	118

## TABLAS

I.	Iluminación recomendada .....	22
II.	Factores de reflectancia por color .....	28
III.	Tabla de temperaturas de la nave 1 .....	54
IV.	Tabla de temperaturas de la nave 2 .....	55
V.	Tabla de temperaturas de la nave 3 .....	56
VI.	Interpolación de Pp/RCA nave 1 .....	76
VII.	Interpolación para el factor de corrección de nave 1 .....	77
VIII.	Interpolación de Pp/RCA nave 2 .....	81
IX.	Interpolación para el factor de corrección de nave 2 .....	82
X.	Interpolación de Pp/RCA nave 3 .....	87
XI.	Interpolación para el factor de corrección de nave 3 .....	88

## GLOSARIO

<b>Cavidad zonal</b>	Método de iluminación industrial para interiores el cual por medio de las condiciones del área a iluminar, tipo de trabajo realizado en el área, los espacios existentes entre las luminarias y el plano trabajo.
<b>Empaque flexible</b>	Son las bolsas que se utilizan como recipiente para una variedad de productos por ejemplo: las bolsas de Tortrix.
<b>Extractores</b>	Son sistemas que se utilizan para extraer el calor que se encierra dentro de naves industriales.
<b>Extrusión</b>	Es el proceso por medio del cual se transforman los polímeros (materia prima) en tela plástica la cual es enrollada en tubos de cartón los cuales se almacenan hasta que se necesita la tela para fabricar el producto final que es el empaque flexible.
<b>Lumen</b>	Es la unidad de medida del sistema internacional que mide la cantidad de flujo luminoso.
<b>Lux</b>	Flujo luminoso por unidad de superficie a cubrir.

- Máquina extrusora** Son la máquinas por medio de las cuales se fabrica la tela plástica que sirve después para la realización del empaque flexible.
- Naves industriales** Son bodegas o estructuras de grandes dimensiones donde se tiene la maquinaria de producción.
- Polímeros** Es la materia prima de donde se obtienen el plástico.

## RESUMEN

Se realizó una evaluación de la situación actual en la que se encuentra la empresa Polímeros y Tecnología S. A., específicamente en el Área de Extrusión de Plásticos, tanto en el sistema de iluminación como de ventilación, esto debido a que se trabajan las 24 horas, teniendo un horario diurno que comienza a las 7:00 a.m. y termina a las 7:00 p.m. y otro nocturno que se encuentra cubriendo 7:00 p.m. a 6 a.m., en ambos turnos se tienen problemas de temperaturas altas llegando en algunos días hasta los 40 °C, según el estudio realizado, con la iluminación se debe de evaluar el sistema actual para ver si proporciona la iluminación correcta y necesaria, y ver la implementación o en algunos casos habilitación de la iluminación que se tienen en las máquinas extrusoras esto para cuando se realizan trabajos o inspecciones en los niveles superiores de las máquinas antes mencionadas.

Según los resultados obtenidos se diseñó un sistema eficiente y adecuado de iluminación y ventilación los cuales deben de ser modificados a comparación de los datos teóricos obtenidos en ambos sistemas, esto debido que los estudios se aplicaron teniendo un marco ideal lo cual a la hora de la práctica no es completamente necesario. En el sistema de ventilación se debe de implementar por completo y se debe de realizar de forma subterránea puesto que las naves están rodeadas casi por completo por otras áreas de trabajo u oficinas por lo que se optó por la solución más práctica para lo cual se diseñó el plano de cómo debe de ser el sistema. En lo que respecta al sistema de iluminación se tiene el problema que la parte superior de las máquinas extrusoras llegan a escasos 100 centímetros, por abajo del nivel del techo por lo que en estos lugares se tomó la decisión que para trabajar en los niveles

superiores de las máquinas la iluminación debe de ser proporcionada por lámpara antiexplosión colocadas en cada uno de los niveles con los que cuenta cada máquina.

Teniendo esto bien definido ambos sistemas se elaboraron las recomendaciones y las conclusiones para la implementación de ambos sistemas los cuales pueden llevarse a cabo individualmente dejando constancia que se debe implementar lo antes posible el sistema de ventilación por las temperaturas altas que se tienen dentro de las naves y en especial en época de verano.

# OBJETIVOS

## General

Realizar e implementar el estudio de los sistemas de iluminación y ventilación en el Área de Extrusión de una empresa dedicada a la fabricación de empaques plásticos.

## Específicos

1. Evaluar el sistema de ventilación e iluminación del área de extrusión.
2. Implementar extractores de calor para disminuir la temperatura del Área de Extrusión.
3. Evaluar el impacto que puede tener la implementación del sistema de ventilación sobre el producto.
4. Mejorar la iluminación natural al área de maquinaria más antigua de extrusión.
5. Proponer las posibles mejoras que se pueden dar tanto en ventilación como iluminación.
6. Mejorar las condiciones de trabajo a las que están expuestos los colaboradores de esta área.



7. Analizar la posibilidad de la inyección de aire del exterior a las áreas internas de la empresa.
8. Estudiar las condiciones de medio ambiente que se generan en el Área de Extrusión.

## INTRODUCCIÓN

La implementación y mejora del sistema de ventilación e iluminación en el Área de Extrusión de Plásticos es muy importante, ya que los trabajadores se tienen que sentir a gusto tanto con el trabajo como con su área de trabajo. La empresa cuenta con un sistema de iluminación combinado, es decir, que tienen tanto iluminación artificial como natural, se hará una evaluación tomando en cuenta el área y el tipo de trabajo que se lleva a cabo en esta área y se propondrán las mejoras que sean necesarias.

En el sistema de ventilación se debe evaluar si se satisfacen o no las necesidades del área con la instalación de cuatro extractores; puesto que se debe disminuir el calor al que están expuestos los trabajadores en esta área e implantar otro sistema para la disipación de calor si es posible.

El Área de Extrusión se divide en dos: la primera, es donde está la maquinaria nueva la cual por su altura cuenta con un área mas elevada la cual tiene menor temperatura que la parte donde se encuentran las máquinas más antiguas, la cual es de un solo nivel por lo que la altura de la lámina y el calor que generan las máquinas es mayor, la iluminación natural es buena en el área de maquinaria nueva; sin embargo, en la otra área se utiliza todo el día iluminación artificial, por lo que se debe estudiar si la iluminación y la ventilación es la correcta y si no ver la mejora o la implementación de otros sistemas.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

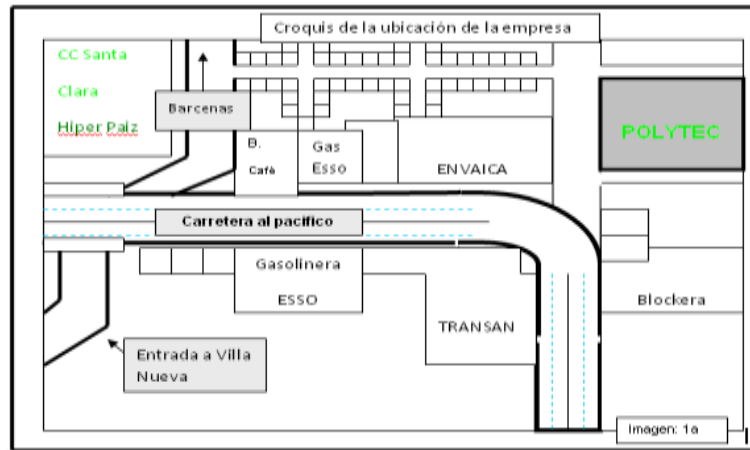
## **1.1. Empresa Polytec**

La empresa dedica a la fabricación de empaques plásticos, los cuales son distribuidos a nivel nacional e internacional; ya que estos productos se exportan a México y el Caribe. La empresa lleva más de 20 años proporcionando sus servicios con gran calidad, en los últimos años absorbió a una de sus grandes competidores como lo era Geoplast, como estrategia para aumentar su volumen de producción con el fin de abarcar un mayor mercado y expandirse.

### **1.1.1. Ubicación de la empresa**

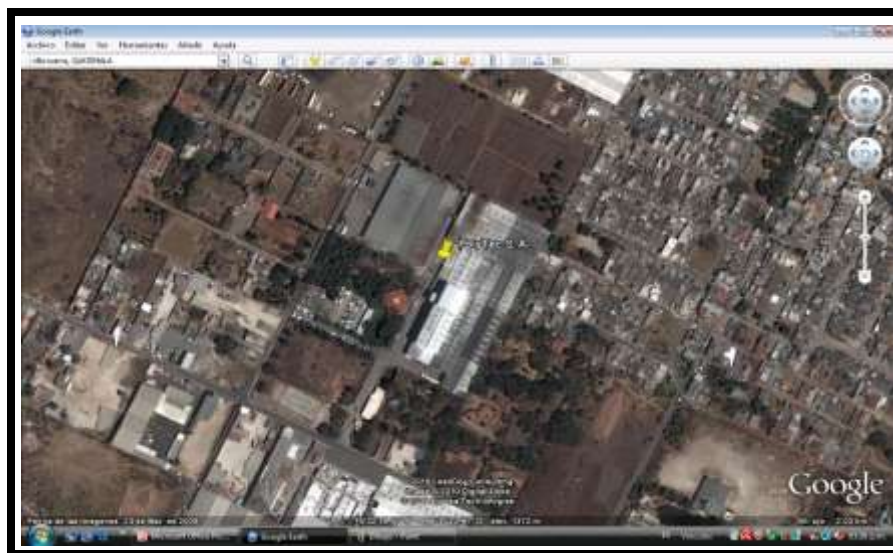
Polytec se encuentra localizada en la 3a avenida 0-60, zona 2, San José Villa Nueva, 01064, Guatemala, C. A.; como otro punto de referencia se encuentra ubicada a 100 metros de la carretera al Pacífico, antes de llegar al centro comercial Santa Clara de Bárcenas Villa Nueva.

Figura 1. **Croquis de la ubicación de la empresa**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Word.

Figura 2. **Ubicación satelital de la empresa Polytec**



Fuente: Programa google Eart Consulta: 25 de junio de 2009.

### **1.1.2. Historia**

Con la mente y el corazón a su servicio

Polímeros y Tecnología, conocido comercialmente como Polytec, inicio sus actividades en julio de 1980, con la idea de ofrecer al mercado una nueva alternativa en la fabricación de empaques plásticos flexibles. La idea principal era, como todavía lo es hoy, disponer de la tecnología mas reciente, tanto en materiales como en maquinaria, y combinar estos recursos con una filosofía de profundo compromiso con el cliente. La empresa esta comprometida con el cliente de manera que este sea, en realidad la razón de ser de la compañía.

Desde su fundación hace más de 20 años, Polytec pasó de una capacidad de 40 toneladas por mes a 1 400 actualmente, 400 de ellas impresas, esto le es lo que le permite alcanzar la nueva maquinaria en las instalaciones. Este crecimiento se debe a que Polytec se rige por sólidos principios éticos, que garantizan su seriedad y honestidad, y que de la mano de una administración eficiente y flexible, le han permitido sobresalir en servicios, precio y calidad.

Polytec pasó de cubrir originalmente solo el mercado guatemalteco, a exportar a toda Centroamérica, Panamá, México, el Caribe y Estados Unidos de América.

Con una visión del futuro, cada paso seguro da solidez. Polytec y su gente creen que la globalización y la competencia mundial son fenómenos inevitables, que los obligan a ser cada vez mejores. Poseen una mentalidad competitiva, dispuesta al cambio, y abierta a nuevas tecnologías y a nuevos productos. Van de la mano con las grandes tendencias de este tiempo, para mejorar productos, servicio al cliente y sistemas de producción. Entre otras

cosas, han iniciado ya con el proceso de sistematización, con el objetivo final de obtener la certificación ISO 9 000.

Así como Polytec cuenta con la confianza de sus clientes actuales, porque se trata de una empresa sólida que responde a sus necesidades con seriedad, puntualidad y calidad, así también, tal como se definió desde el primer día, sus puertas permanecen abiertas para que los clientes potenciales conozcan la compañía, sus instalaciones y su personal, y a partir de ahí pueda iniciarse una relación comercial de beneficio mutuo.

Todo el personal de la empresa es seleccionado bajo criterios rigurosos de calidad técnica y humana. Polytec se caracteriza por su gran flexibilidad en atender las necesidades de sus clientes y ellos ocupan el primer lugar en la mente de todo el personal.

El concepto de calidad no se limita al producto en si, sino que pretender ir un paso más allá, involucrando la satisfacción total del cliente. El servicio pre y postventa, la asesoría técnica y las sugerencias de nuevas soluciones de empaque son parte fundamental de la propuesta que Polytec hace a sus clientes.

El producto esta 100% garantizado y el esfuerzo de innovación es continuo.

Valores en Polytec:

Estar centrados en el cliente: la empresa se compromete con su éxito, mediante una atención personalizada, tanto en la definición de necesidades

como en la innovación en la propuesta de soluciones y en el seguimiento completo de nuestro desempeño.

Siempre dar la cara: siempre asumiré la responsabilidad, plantear con certeza los pensamientos y tomar la acción que garantice el beneficio mutuo. Además de hacerlo internamente, rendirán cuentas de las acciones realizadas ante los clientes, empleados, proveedores, la comunidad, el país y los accionistas.

Nunca darse por satisfechos: la empresa está comprometida con la excelencia. No debe ni quiere conformarse con el éxito actual. Apenas es alcanzar una meta, por lo que busca un reto nuevo.

Se preocupa genuinamente por la gente: las personas son antes que todo. Sentirse valorados y respetados en el trabajo, y generar un ambiente que permite desempeño con pasión es su misión hacia sus colaboradores.

Lo que se hace lo hacen con integridad: son consecuentes en el cumplimiento de estos valores; una actitud de vida y la forma de ser implican el compromiso, la honradez y el apego a la verdad.

Clientes

Industrial

Con subsectores tan definidos como el alimenticio, farmacéutico, comestible, detergentes, banca, calzado, etc.; películas monocapa y multicapa para empacadoras automáticas (coextrusiones y laminaciones sin solvente), impresiones hasta en ocho colores, termoencogibles, bolsas tipo *pouch*, etc.



## Agroindustrial

Con especialidades en preláculas de empaque, protección y acolchados, para banano, café, cardamomo, hule, melón, flores, fresas y verduras en general. Se incluyen prácticamente todos los cultivos que requieren empaques.

## Comercial

Toda clase de bolsas, películas y materiales de empaque para el comercio con y sin impresión: desde bolsas para empacar sólidos y líquidos, pasando por la exclusiva línea de bolsas de basura en rollo, con sello tipo estrella, hasta películas que protegen contra la lluvia y sol.

## Clientes

La calidad, versatilidad, flexibilidad y experiencia es lo que le permite a Polytec contar hoy con clientes como:

- Pepsi Cola
- Procter & Gamble
- Frito-Lay
- Expro S.A.
- INA S.A.
- Coca Cola
- Colgate Palmolive
- Frisa
- Café Miramar
- Café Quetzal
- Painsa
- Guatemala Candies
- Del Monte Fresh Produce Co.
- Bimbo

- PriceSmart
- Supermercados Paiz
- EconoSuper
- Máquinas Exactas
- Alimentos Kern's

### **1.1.3. Visión**

“Ser la empresa de referencia en cuanto a empaques flexibles en Centroamérica, México y el Caribe, mediante la creación continua de valor.”

### **1.1.4. Misión**

“Vamos con su producto, haciendo la diferencia.

Nuestro objetivo es contribuir al éxito de nuestros clientes, haciendo que sus productos lleguen a los consumidores de manera segura, atractiva, cómoda, eficiente y económica.

Esta meta nos obliga a entender sus diferentes necesidades y a través de la tecnología, la mejora continua y la dedicación a la calidad, a encontrar soluciones completas y a precio razonable, que satisfagan sus requerimientos de empaque. Tenemos un compromiso con la satisfacción total de nuestros clientes.”

### **1.1.5. Política de calidad**

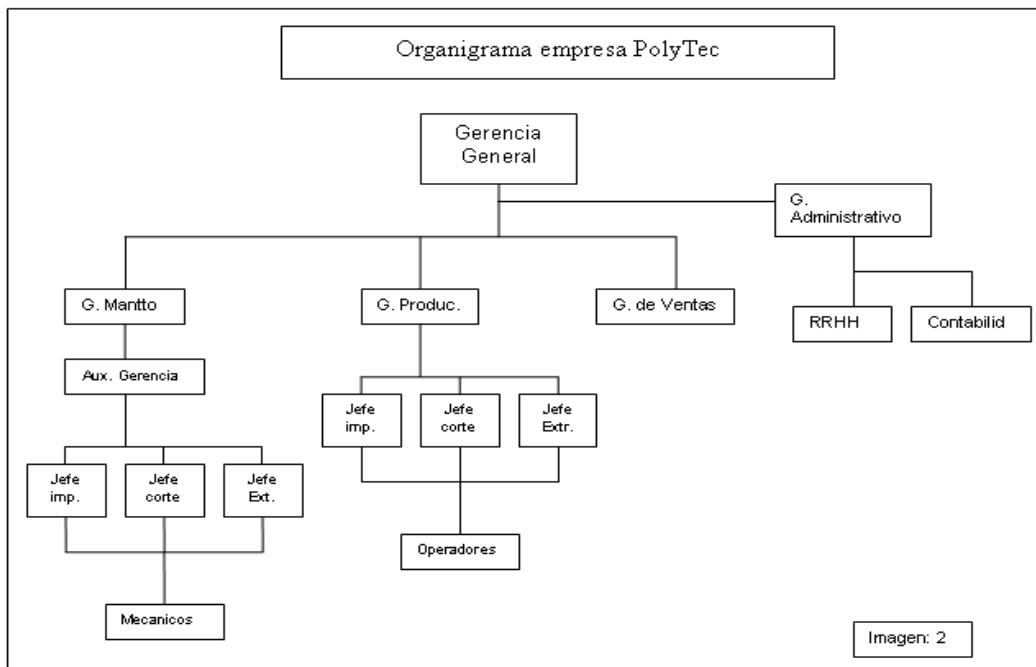
La empresa y sus colaboradores están comprometidos en entregar los mejores productos en la rama de empaque flexible con la mayor calidad y al

mejor precio, se compromete a que no importa las características de su producto la empresa lo complacera de la mejor manera. Los productos son de alta calidad y cumplen con los más exigentes estándares los cuales nos hacen dar lo mejor de nosotros para satisfacer a todos los distinguidos clientes.

### 1.1.6. Organigrama

El organigrama de la empresa se realizó en forma general resaltando los puestos más relevantes según su jerarquía y posición dentro de la empresa así como sus iguales y los colaboradores de cada uno de ellos como lo pueden ver en la siguiente figura.

Figura 3. Organigrama de la empresa Polímeros y Tecnología S.A.



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

## 1.2. Extrusión

La extrusión es el proceso mediante el cual se pueden fabricar diferentes tipos de estructura u objetos con gran facilidad y con formas muy variadas esto es una gran ventaja ya que alguno de estos objetos o formas no pueden ser fabricados con ningún otro tipo de maquinado o procesos de manufactura, este proceso también puede ser utilizado en materiales quebradizos ya que el material no está expuesto a fuerzas de tensión que son las que causan que el material se fracture y se quiebre, si no por el contrario se utilizan solamente fuerzas de compresión y cizayamiento los cuales nos permiten realizar trabajos muy variados y complicados en secciones transversales indiferentemente de su tamaño ya que es un proceso en el cual el producto terminado es de muy buena calidad, el único inconveniente es que estas máquinas son muy grandes y ocupan mucho espacio ya sea de forma horizontal o vertical.

Otra de las grandes ventajas de este proceso es que se puede trabajar con materiales en frío o en caliente por lo que no es necesario tener una preparación previa de calentamiento o enfriamiento para poder trabajar.

Este proceso es muy noble porque permite trabajar en gran cantidad de tamaños y formas, lo cual permite realizar diferentes trabajos en una misma máquina esto dependiendo de lo que se desee fabricar y que material se este trabajando; ya que las máquinas son especiales para cada uno de ellos, los materiales que se trabajan comúnmente en extrusión son:

- Metales
- Plásticos
- Cauchos
- Cerámicos

- Alimentos
- Medicamentos

### **1.2.1. Proceso de extrusión**

El proceso de extrusión es complicado ya que depende de muchos factores para obtener los resultados deseados, estos resultados a los que se refieren son productos de alta calidad. El primero de ellos es el proceso de transformación de la materia prima la cual debe ser de alta calidad ya que si la materia prima no cumple con la calidad requerida el producto final no será el que se desea, por lo que se debe contar con la materia prima adecuada para el proceso. Esta materia es importada desde Argentina, Brasil y/o Francia, la cual llega a las instalaciones de la empresa mediante contenedores, los cuales son vaciados por medio de montacargas, esta materia prima se traslada a las bodegas de almacenamiento esperando a que sea requerida y despachada a las áreas de trabajo correspondientes. El proceso de extrusión esta dividido en cuatro áreas que son:

- Área de Cañones o Compresión
- Área de Subida o Burbuja
- Área de Bajada o de Rodillos
- Área de Embobinado

Estas cuatro áreas son muy importantes ya que si una de ellas no esta funcionando como es debido el producto se ve afectado y no se tiene lo que se necesita.

### Área de Cañones o Compresión:

Esta es el área más importante en el proceso de extrusión, aquí es donde se realiza la transformación de la materia prima en la masa que se utilizara para la fabricación de la tela plástica. Esto es posible gracias a que se cuenta con un troquel del tipo tornillo sin fin que se encarga de moler el polímero hasta dejarlo en la masa antes mente dicha, este proceso comienza cuando la máquina es calibrada para maquilar el producto que se necesita, la materia prima es succionada de los recipientes donde se encuentra depositada, la cual es introducida a los cañones a través de dosificadores, quienes regulan la cantidad de materia que entra al cañón por minuto.

La materia al ingresar a los cañones es comprimida por medio del troquel tipo tornillo sin fin que a su vez incrementa la temperatura del polímero por medio de la compresión del material, esto se debe a que su diámetro va disminuyendo, al final del cañón la materia prima se encuentra ya como una masa consistente y uniforme para llegar a la siguiente área que es la de subida o de burbuja. En el área de compresión se tienen ventiladores los cuales enfrían el cañón para que este no tenga una temperatura demasiado elevada y que la masa sea demasiado líquida, lo cual no permita dar forma al plástico y no debe de enfriarse demasiado porque sucede todo lo contrario, por lo que la mezcla no seria una masa homogénea sino chiclosa y semisólida, por lo que se debe de tener bien calibrado todo el sistema para que la masa tenga las propiedades adecuadas para seguir el proceso de fabricación.

## Área de Subida o Burbuja:

El área esta compuesta por varias subáreas que son

- El anillo de enfriamiento
- El área de expansión de plástico
- Área de la burbuja
- Área de araña

Estas cuatro áreas son las encargadas de transformar la masa de materia prima en la fina película plástica la cual puede ser de distintos espesores, de esto se encarga el área de expansión la cual por medio de vapor y aire le dan el espesor requerido a la película antes mencionada; mientras más ancha es la burbuja, menor es el espesor que se tiene en la película y esta es medida en micras o décimas. El primer paso de la película después de salir es la de expansión que cuentan con un anillo; el cual tiene resistencias para calentar el plástico a tal punto en que el vapor y el aire no les sea difícil expandir el material hasta el diámetro de la burbuja deseado, el anillo de enfriamiento es el área encargada de enfriar las resistencias por medio de agua fría proveniente de una torre de enfriamiento y chiller's; estos proporcionan el agua fría para enfrían las resistencias para que no se tenga una temperatura muy alta.

El área de la burbuja es donde la película toma el diámetro correcto según las especificaciones del producto a fabricar, para esto se cuenta con un censor que gira alrededor de la burbuja, el cual sirve para regular la cantidad de aire y vapor que entra en la parte interna de la burbuja, la burbuja es enfriada mediante va subiendo hasta llegar a la parte de arriba. La burbuja también es guiada por medio de la araña que va en la parte inferior para que cuando la burbuja salga de la resistencia no se desplaye y tenga una forma de embudo;

esto se logra con por medio de brazos con resistencia los cuales poseen una cantidad de rodillos pequeños, los cuales van a lo largo de todos los brazos los cuales se abren conforme la burbuja va subiendo hasta llegar a una altura de aproximadamente de 3 metros, donde ya no hay necesidad de la araña puesto que la burbuja ya tiene su forma y diámetro correcto.

Área de Bajada o de Rodillos:

Al terminar por estos procesos la burbuja llega a la parte superior de la máquina extrusora, en esta parte es donde comienza a bajar la película de plástico, esta es la área de bajada la cual esta conformada por varios rodillos los cuales son los encargados de mantener tensa la película y de estirla la película a lo largo de cada uno de los rodillos para que no se arrugue, dañe o se aglomeré el material, estos rodillos están dispuestos en toda la parte de bajada de la película hasta llegar por último a la etapa final la cual es la de embobinado.

Área de Embobinado:

La película de plástico es enrollada en tubos de cartón por medio de un motor que hala la película y la enrolla en bobinas para su disposición final por medio de rodillos, ya sea para pasar a la siguiente etapa de proceso esto cuando se refiere a empaque flexible y a bodega de producto terminado cuando es tela de lluvia o bobinas de plástico.

### **1.2.2. Tipos de extrusión**

Hay dos tipos de extrusión de materiales las cuales se utiliza para cualquier tipo de materiales estas son:



- Extrusión en frío
- Extrusión en caliente

Extrusión en caliente: este proceso se hace a temperaturas elevadas para hacer que el material tenga una menor resistencia a la hora de pasar a través del troquel. Por lo general este tipo de extrusión se utiliza para metales ya que por general se trabajan en prensas hidráulicas de 250 a 12 000 toneladas y de 4400 a 102 000 PSI. Este tipo de extrusión tiene solo una gran desventaja que es el precio de la maquinaria y el mantenimiento ya que son muy elevados. Este proceso es más económico cuando se tienen que fabricar grandes volúmenes de producto lo que la utilización de este tipo de máquinas debe de ser por grandes volúmenes de producto.

Extrusión en frío: este método se realiza de la misma manera que la extrusión en caliente con la diferencia que se realiza a temperatura ambiente y tiene varias ventajas puesto que no se calienta durante el proceso no se oxida el metal por lo que se tiene una mayor fortaleza debido al tratamiento a temperatura ambiente, un mejor acabado sin mayor esfuerzo y si se combina con un breve calentamiento se aumenta la velocidad y se disminuye el tiempo del proceso y que con este método se tiene una gama mas amplia de materiales a trabajar por lo que es menos costoso y de mejor calidad en cuanto se refiere a cantidades no tan voluminosas de producto.

### **1.2.3. Extrusión de polímeros**

Extrusión de polímeros es el método por medio del cual se transforman los polímeros (materia prima del plástico) en los diferentes tipos de plásticos que se conocen por medio de la compresión de la materia prima. Se debe de hacer la diferencia entre extrusión de metales y extrusión de plásticos ya que son

procesos completamente diferentes, en este caso se estudiará la extrusión de plásticos como se hace mención en la definición. Este proceso se explicará más adelante, lo importante es que a través de este método se puede fabricar toda clase de plásticos para los diferentes fines que se tengan.

En la empresa Polytec se fabrican una gran variedad de tipos de empaques flexibles, bolsas y tela de lluvia para la industria y la agricultura todo este proceso se lleva a cabo en grandes máquinas llamadas extrusoras; las cuales pueden ser de dos formas: vertical y horizontal, el proceso es básicamente el mismo la única diferencia es el espacio ocupado por la máquina; una ocupa espacio horizontal y se tiene que contar con gran espacio disponible, mientras que la otra es por medio de niveles que son las que se utilizan en la empresa estas varían dependiendo de la capacidad de la máquina y su modernidad, ya que dependiendo de esto varían desde las de 1 solo nivel hasta la más grande que es de cuatro niveles y medio la cual ocupa gran espacio pero de forma vertical por lo que si se debe de contar con una nave alta y por su modernidad también varia su panel de control el cual es de un tamaño considerable.

#### **1.2.4. Burbuja en la extrusión**

Se le denomina así a la expansión de los polímeros luego de salir del cañón, esta se forma por el vapor y aire que la máquina extrusora introduce dentro del material haciendo que se infle hasta un determinado diámetro el cual varía dependiendo el material y el espesor que se necesite, esta parte del proceso es una de las más delicadas, puesto que si se llega a variar algunas de las especificaciones que se tienen o la máquina tiene algún tipo de desperfecto se puede perder gran cantidad de material, al igual que si la burbuja se daña por lo que se debe de tener mucho cuidado para que no suceda esto.

### **1.3. Ventilación**

La ventilación es un punto muy importante dentro de una empresa ya que si se tiene una ventilación deficiente esto repercute en la salud, eficiencia y el desempeño del trabajador. Por lo que es muy diferente la ventilación de un hogar a la ventilación de una empresa ya que en la empresa representa un peligro no contar con la ventilación adecuada.

La ventilación de una empresa se denomina ventilación industrial la cual se define como la cantidad de aire fresco que entra del exterior al interior de las instalaciones, que tiene que ser igual a la cantidad de aire extraída de ella, con el objetivo de eliminar el calor, polvos, humos y gases que puedan estar dentro de cada nave, este proceso se lleva a cabo por medio de dos sistemas que generalmente van de la mano que es el de introducción de aire y el de extracción de aire y calor.

#### **1.3.1. Tipos de ventilación**

Los diferentes tipos de ventilación son en grandes rasgos dos, la diferencia entre estos tipos de ventilación es la forma de generar el ambiente de trabajo estas son:

- Ventilación natural
- Ventilación artificial

Estas son utilizadas en la mayoría de empresas y se diferencian generalmente por las áreas que pueden cubrir. La ventilación artificial es utilizada en espacios cerrados y por lo general de pocas dimensiones como lo son oficinas y laboratorio, además tienen un gran consumo de energía eléctrica;

mientras tanto la ventilación natural aprovecha las condiciones climáticas del medio ambiente donde se encuentra la empresa esta tiene la ventaja que se puede utilizar en áreas de gran extensión.

### **1.3.2. Sistemas de ventilación**

Los sistemas de ventilación son los distintos métodos que se utilizan para generar una ventilación eficiente y adecuada para el área de trabajo con el fin de brindar un ambiente de trabajo fresco y seguro para la realización de las labores diarias de cada uno de los colaboradores del área. Estos sistemas dependen del tipo de ventilación que se desea implementar en la empresa

- Sistema de ventilación natural
  - Ventilación natural o estática
  - Ventilación forzada o dinámica
- Sistema de ventilación artificial

#### **1.3.2.1. Ventilación natural**

La ventilación natural aprovecha el medio ambiente externo que rodea a la empresa para realizar la ventilación interna de las naves, esto se logra renovando el aire que se encuentra dentro de las naves a través de las diferencias de presiones, ya que el aire que ingresa a las naves (aire fresco) empuja al aire caliente hacia la parte de arriba y por medio de extractores de calor este aire es expulsado del área creando un ciclo de renovación de aire constante dependiendo del tipo de empresa, dimensiones y de la cantidad de trabajadores así será el número de renovaciones de aire por hora, esta ventilación puede ser de dos tipos:

- Ventilación natural estática
- Ventilación forzada o dinámica

La ventilación natural o ventilación estática es la que se realiza sin la ayuda de ningún tipo de aparato para la renovación del aire dentro de la empresa, por ejemplo las ventanas alrededor de las naves, en donde las que se encuentran en la parte inferior permiten el ingreso de aire fresco al interior mientras que las que se encuentran en la parte superior permiten la evacuación del aire caliente por el principio que se menciono anteriormente.

Mientras que la ventilación forzada o dinámica es aquella que se apoya o ayuda de aparatos eléctricos o mecánicos, este tipo de ventilación se utiliza cuando la ventilación natural no es suficiente o cuando no se tiene mucho espacio disponible para colocar el número apropiado de ventanas, esta consiste en que por medio de aparatos eléctricos, que por lo general son ventiladores, se fuerza a entrar o extraer aire de las naves según sea el requerimiento y el número de renovaciones apropiada por el tipo de empresa, el tipo de ventilación forzada tiene gran ventaja sobre la ventilación natural puesto que se necesita de menos espacio para lograr la ventilación adecuada y no depende tanto de las condiciones atmosféricas el único inconveniente es que si tiene un costo en energía, mientras que la ventilación natural no implica este tipo de costo.

### **1.3.2.2. Ventilación artificial**

La ventilación artificial esta hecha para espacios cerrados como oficinas y laboratorios; estos utilizan aparatos comúnmente llamados aire acondicionado. Con este tipo de ventilación se puede graduar la temperatura que se desea tener media vez sea menor a la temperatura ambiente puesto que si se quiere tener una temperatura más alta se necesita una calefacción que es el otro tipo

de ventilación artificial que existe, estas tienen dos grandes desventajas ya que se pueden utilizar solamente en áreas muy reducidas y tienen un gran costo tanto en energía eléctrica como en mantenimiento.

### **1.3.3. Extractor de calor**

Los extractores de calor son aquellos aparatos que nos ayudan a extraer o evacuar el aire caliente que se acumula dentro de la empresa, estos extractores son de gran ayuda en empresas que trabajan con vapor o con algún tipo de maquinaria que genere demasiado calor, o si se tienen a una gran cantidad de personas sin ventilación alguna, los extractores de calor hay de distinta forma y métodos para evacuar el aire, los tipo eólicos y los tipo Venturi estos son los dos más eficientes y efectivos.

#### **1.3.3.1. Tipos de extractores de calor**

Extractores eólicos: este tipo de extractor va colocado en la parte superior de las empresas o naves (techos), su funcionamiento es el más sencillo que existe ya su diseño es como el de una turbina, la cual gira por medio del aire que se encuentra en el exterior de la nave y por medio del vacío que se crea debajo de el succiona el aire y lo libera a la atmósfera sin necesidad de tener que utilizar energía eléctrica, esto ayuda a tener un ciclo continuo de aire ayudado por la inyección de aire fresco en la parte de debajo de las naves, estos ofrecen una ventilación barata, ecológica y sin generación de ruido.

Extractores tipo Venturi: este tipo de extractores combina tanto el funcionamiento de los extractores eólicos y los extractores eléctrico tipo ventilador, estos extractores funcionan por medio de la acción del viento igual que los extractores eólicos el cual orienta la abertura que tiene que es el ducto

de salida del extractor haciéndolo girar de 0 a 360 grados buscando la dirección apropiada del aire. Este giro se logra mediante una vela que esta colocada en la parte superior del extractor donde se encuentra el tubo extractor, esta acción provoca una presión negativa en la boca de salida que absorbe los gases del interior del edificio y los expulsa a la atmósfera a este efecto se le conoce como efecto Venturi es de ahí que proviene el nombre.

Este equipo tiene una gran ventaja que es la de combinar los dos tipos de ventilación para tener un sistema 100% eficiente el cual se combina en una manera muy buena, ya que mientras las condiciones climáticas son favorables solo trabaja el sistema eólico, pero cuando no son favorables entra a trabajar el sistema eléctrico de manera automática con ventiladores extractores de calor, los cuales se activan por medio de un termostato que activa el sistema por la variación de temperatura, esto es una mejor opción en lugar de utilizar los dos sistemas por separado esto cuando la extracción natural no es suficiente.

#### **1.4. Iluminación**

La iluminación es parte vital dentro de una empresa, la iluminación industrial se define como la cantidad de luz necesaria y apropiada para realizar las diferentes actividades en las áreas de trabajo. Al hablar de una planta industrial no solo se refiere a la buena iluminación sino que al tipo de lámpara que sea la adecuada y el ahorro de energía que se convierte en una reducción de costos. Se debe de tener en cuenta que dependiendo el trabajo que se este realizando, el tipo de área, la cantidad de personas que se tengan y sus edades así debe de ser la cantidad de luxes requerido para tener una iluminación correcta y adecuada, también se deben de tomar en cuenta la iluminación natural, el tipo de luminaria y el tipo de iluminación que se necesita.

Los diferentes sistemas de iluminación deben estar planeados y diseñados para que se aproveche al máximo la iluminación natural, esto cuando las empresas tienen turnos diurnos; puesto que en el turno nocturno es indispensable la iluminación artificial ya que se depende de ella en un 100%, por lo que, se debe tener cuidado a la hora de construir un edificio ya que si está mal diseñado y no se toma en cuenta la iluminación industrial será un obstáculo a la hora de estar laborando porque se utilizara solamente iluminación artificial.

Las definiciones de iluminación son las siguientes:

- Intensidad luminosa: se define como la intensidad de luz que se encuentra dentro de un pequeño ángulo, que cuenta con una dirección específica cuya unidad es la candela.
- Flujo luminoso: es un flujo de luz cuya dirección es indiferente, por lo general, que se usa para expresar la producción de luz de una fuente de energía al igual que para expresar la cantidad enfocada sobre una superficie, cuya unidad es el lumen.
- Iluminancia: cantidad de luz a una distancia dada, su unidad es el lux.
- Brillantez: es la cantidad de luz independiente de la distancia a la que se este observando dada que la intensidad luminosa desde el objeto y área del mismo disminuye de similar forma a la misma distancia, su unidad es el NIT. (1 NIT = 1 Candela/m<sup>2</sup>).
- Reflectancia: porcentaje de luz reflejada desde una superficie, esta definición no tiene unidad.
- Contraste: es la diferencia entre la iluminación de lo más brillante y la iluminancia de lo más oscuro, dividido entre la luminancia de lo más brillante.



- Longitud de onda: la distancia entre ondas sucesivas determina el color de los objetos. De las 60 octavas de la relación electromagnética, el ojo detecta radiación en la octava de 380 a 760 nanómetros, la unidad es el nanómetro.
- Lumen: es la unidad de medida en el sistema internacional para medir el flujo luminoso, que es una medida de la potencia luminosa recibida.
- Lux: es la unidad para medir el nivel de iluminación o iluminancia en el sistema internacional la cual está dada por cantidad de lúmenes por metro cuadrado.

Iluminación recomendada según el trabajo a realizar de trabajo:

Tabla I. **Iluminación recomendada**

<b>Área de trabajo</b>	<b>Lux</b>
Espacios Públicos	50
Cuartos para visitas cortas	100
Lugares de trabajo con tareas visuales ocasionales	200
Tareas visuales de alto contraste	500
Tareas visuales de contraste medio	1 000
Tareas visuales de bajo contraste	2 000
Tareas visuales con objetos pequeños	5 000
Tareas visuales muy prolongadas	10 000

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>.

Consulta: 15 de mayo de 2009.

### **1.4.1. Tipos de iluminación**

Existen tres tipos de iluminación que pueden variar según las condiciones y del tipo de trabajo estas son:

- Iluminación natural
- Iluminación artificial
- Iluminación combinada

Iluminación natural:

La iluminación natural es aquella que proviene del mismo medio ambiente, en otras palabras es la luz del exterior que entra a las naves, la cantidad recomendada de luz natural que debe tener una planta como mínimo es de aproximadamente 50% en el día esto para poder disminuir al máximo la iluminación artificial; si es posible no contar con este tipo de iluminación durante el turno diurno, por lo que muchas de las empresas utilizan diferentes tipos para aumentar la iluminación natural, los mas utilizados son:

- Láminas transparentes
- Ventanales
- Tragaluz
- Puertas y portones

En lo que respecta a las láminas transparentes se calculan mediante el sistema de techos industriales, al tener el número de láminas necesarias según el tipo de techo que se tengan, el número de láminas recomendado es del 20% al 30% del número total de las láminas.

### Iluminación artificial:

La iluminación artificial de una planta es aquella que depende de los diferentes tipos de energía para poder generar la iluminación necesaria según el tipo de trabajo que se este realizando. Esta iluminación es recomendada para los trabajos o turnos nocturnos y para turnos diurnos si la iluminación natural no es la necesaria o la correcta, este sistema de iluminación se basa en colocar una serie de lámparas de las mismas características en una distribución uniforme con el objetivo de cubrir la máxima área posible sin interferir unas con otras, esto para que no se este desperdiciando lámparas y energía, a la hora de que esto ocurra quiere decir que se esta utilizando un número mayor de lámparas de las que en verdad se necesitan y si por el contrario se tiene penumbra en algunas partes de la nave es porque se tiene un número menor de lámparas al que se necesita.

### Iluminación combinada:

Este método es el que se utiliza en días nublados donde la iluminación natural no es suficiente, este tipo de iluminación combina los dos métodos anteriores de iluminación tanto la natural como la artificial, esta es la que más utilizada ya que no todas la empresas trabajan con solo iluminación natural o iluminación artificial; excepto en laboratorios ya que estos por ser espacios cocinados solo utilizan la iluminación artificial, por lo que se debe de tener un buen balance entre estas esto para tener una eficiente iluminación.

### **1.4.2. Métodos de iluminación**

Se deben de tener en cuenta muchos de los factores que influyen como lo son la altura del área de trabajo, la altura de la luminaria a la zona de trabajo, ya que la luz disminuye su intensidad mientras más elevada este la luminaria; por lo que la distancia del área de trabajo a la luminaria debe de ser la adecuada para que no se tenga penumbras o en su defecto reflejo por excesiva luz. Existen muchos métodos para calcular el número correcto de lámparas esto tomando en cuenta el ambiente de trabajo y el tipo de trabajo, los métodos más utilizados son:

- Método de Cavidad Zonal
- Método de luz directa

Para utilizar estos métodos dependen mucho de las circunstancias del lugar como del dominio del método por parte del diseñador, sin embargo todos los métodos tienen algo en común y esto es lograr una adecuada iluminación artificial sobre una superficie de trabajo en las distintas jornadas.

Aquí se tienen también distintos métodos o diseños de iluminación artificial:

- Iluminación directa
- Iluminación indirecta

La diferencia entre estos dos tipos de iluminaciones es que en la iluminación directa la luz va dirigida directamente a la superficie de trabajo; mientras que la iluminación indirecta se vale de otros medios para llevar la luz al área de trabajo como por ejemplo el reflejo en techos y las paredes.

### 1.4.2.1. Método de Cavidad Zonal

El Método de Cavidad Zonal es el método más utilizado y recomendado para la iluminación industrial de interiores, el cual indica el número correcto y necesario de luminarias que se necesitan en el área de estudio dependiendo de muchos factores que se verán a continuación. Este método es utilizado en superficies plantas horizontales en las cuales se constan de tres secciones denominadas cavidades de ahí su nombre de cavidad zonal ya que también se divide en zonas estas son:

Cavidad de techo ( $H_{CC}$ ):

Esta es el área o zona que se encuentra libre entre la luminaria y el techo, esto se tiene cuando son luminarias colgantes ya que si la luminaria esta directamente colocada o empotrada en el techo la cavidad de techo es igual a 0 por lo que esta cavidad no se toma en cuenta en los cálculos.

Cavidad de local ( $H_{rc}$ ):

Esta cavidad es el espacio que existe entre la parte inferior de la luminaria y la parte superior de la superficie de trabajo, por lo general, la superficie de trabajo se encuentra por arriba del nivel del piso, esto quiere decir, que se trabaja por lo general sobre una mesa o banco de trabajo, en lenguaje de ingeniería la distancia desde el plano de trabajo a la parte inferior de la luminaria se conoce como la altura de montaje de la luminaria.

### Cavidad de piso ( $H_{fc}$ ):

Esta cavidad es la distancia que hay de la parte superior de la mesa o superficie de trabajo al piso. Para tareas de oficina esta distancia es aproximadamente de 76 centímetros. Para bancos de trabajo de tareas difíciles en industrias debe de ser de 92 centímetros aproximadamente. Si el trabajo se realiza al nivel de piso la cavidad de piso es igual a 0 o no existe por lo que se toman en cuenta solamente las otras dos cavidades.

### Pasos del Método de Cavidad Zonal:

- Determinar el tipo de trabajo que se realizara en el área de trabajo. Esto servirá para determinar la calidad y cantidad de luz que se necesita. Esta consulta se puede realizar en los listados que proporciona la IES, donde proporciona algunos niveles de luz sugeridos para tipos diferentes de industria y actividades específicas.
- Determinar que fuente o que tipo de lámpara debe de utilizarse.
- Determinar qué condiciones ambientales prevalecerán en el área de trabajo, esto ayudara a determinar los efectos del polvo suciedad y las condiciones ambientales que se deberán tomar en cuenta.
- Determinar las características físicas y operacionales del área y como se usará. Esto incluye dimensiones del local, valores de reflectancia, localización del plano o superficie de trabajo y características operacionales tales como: horas diarias y anuales de uso del sistema.

Tabla II. Factores reflectancia por color

Para cielo:	Color	Factor
	Blanco o muy claro -----	0,7
	Claro -----	0,5
	Medio -----	0,3
Para Paredes	Claro -----	0,5
	Medio -----	0,3
	Oscuro -----	0,1
Para Piso	Claro -----	0,3
	Medio -----	0,2
	Oscuro -----	0,1

Fuente: TORRES, Sergio. Ingeniería de plantas. p.100.

- Seleccionar la luminaria que se usará:
  - Altura de montaje
  - Tipo de lámpara seleccionada
  - Características de depreciación de la luminaria
  - Restricciones físicas del montaje
    - Colgante
    - Empotrada
    - Abierta

- Cerrada
  - Mantenimiento requerido
  - Costo, tamaño y peso
  - Aspecto estético
- Determinar los factores de depreciación de luz para el área. Los factores de pérdida de luz se pueden dividir en dos categorías:
  - No recuperables (temperatura, voltaje, etc.)
  - Recuperables (polvo, vida útil, etc.)
- Cálculo de las relaciones de cavidad:
  - Cavidad local
  - Cavidad de techo
  - Cavidad de piso
- Determinar las reflectancias correspondientes a la cavidad del techo y piso. Este procedimiento contempla el efecto de inter-reflexión de la luz, considerando las diferentes superficies del local. Si todas las superficies son altamente reflectivas o si las luminarias se encuentran localizadas directamente en el techo no será necesario efectuar este cálculo.
- Determinar el coeficiente de utilización. Este coeficiente se encuentra dentro de los datos técnicos proporcionados por los fabricantes de las lámparas.
- Cálculo del número de luminarias requeridas con los datos anteriores y la localización se determina por las limitaciones físicas del local.





## 2. SITUACIÓN ACTUAL

La empresa cuenta con un sistema de iluminación artificial; sin embargo, se debe evaluar si el sistema es adecuado para el tipo de trabajo que se lleva a cabo en el área, además, es necesario mejorar la iluminación natural en algunos puntos de esta área; en lo concerniente a la ventilación no cuenta con un sistema eficiente operando en el área, por lo que, se planea implementar extractores de calor.

El Área de Extrusión de Plástico se divide en dos: el área donde se encuentra la maquinaria nueva que tiene un techo alto y otra donde se encuentra la maquinaria vieja que es de techo bajo. Aquí se tienen trabajando aproximadamente a 35 personas cuyas edades varían entre 18 a 45 años. En esta misma área se cuenta con un laboratorio de extrusión donde se mide el espesor y la calidad del material y del producto que se esta produciendo, este laboratorio cuenta con iluminación y ventilación independiente; por lo que no se tomara en cuenta para el análisis; sin embargo, se debe de tener en cuenta el cambio de temperatura que se tiene de un área a la otra.

El análisis se llevo a cabo en los días en los cuales había poca luz; por lo general, en la tarde noche, en lo que respecta a la iluminación. Referente al análisis realizado de la ventilación, se observó el área varios días durante aproximadamente 3 meses, esto en verano para detectar y documentar las temperaturas promedio durante 3 diferentes horas al día; con lo cual se pretende generar una estadística de que temperatura se puede tener durante el verano y los días más calurosos del año (ver capítulo 3). Con este análisis se pretende determinar en donde y como se puede mejorar la iluminación y

ventilación de esta área sin afectar la estructura de las naves ni la producción de la empresa.

## **2.1. Ambiente de trabajo en el Área de Extrusión**

El ambiente laboral es muy bueno, se cuenta con muchas personas trabajando en esta área, con buenas relaciones interpersonales entre la mayoría de ellos. El número de personas que laboran en esta área es de aproximadamente de 35 las cuales trabajan en las diferentes máquinas y en el transporte de materiales. Se promueve un ambiente de trabajo agradable; en cuanto a las relaciones interpersonales de los colaboradores no se presenta ningún factor negativo.

En lo que respecta a las condiciones de trabajo en el área se presentan varios factores que afectan el desempeño del trabajador, el mayor problema que se tiene en la actualidad es la temperatura; ya que es demasiado elevada para laborar durante días calurosos como en el verano; estas temperaturas varían dependiendo las condiciones climáticas y la época del año en la que se encuentre; algunos signos que se pueden percibir de los trabajadores en el área son la transpiración excesiva, mareos, sed, entre otras, debido a este problema en la temperatura las personas se ven afectadas en su salud por cambios climáticos o cambios en la temperatura al trasladarse hacia área con una temperatura menor; sin embargo, las reacciones o síntomas varían según la persona.

Un hecho importante de mencionar es que en ciertas ocasiones algunos colaboradores que han parado labores ya que por la temperatura demasiado alta por que se han sentido mareados o se les nubla la vista, esto es muy peligroso porque en estas condiciones y con estos efectos sobre las personas

pueden sufrir algún tipo de accidente dentro de la empresa, lo cual sería perjudicial no solo para la empresa si no que para el trabajador; ya que se trabajan a temperaturas altas, con maquinaria y transportes en movimiento; por lo que en estas condiciones de trabajo atentan contra la integridad física del colaborador; razón por la que se debe de realizar un cambio por seguridad industrial y para mejorar el ambiente de trabajo, no solo en la ventilación también en la iluminación, ruidos, etc. En lo que respecta a la iluminación se encuentra bien pero de se debe de analizar con mayor detalle.

Por tal motivo las condiciones de trabajo son peligrosas, ya que la mayoría de trabajos a realizar son repetitivos y constantes, lo cual fatiga de otra manera al colaborador y hace que este perciba el trabajo como tedioso y pesado. El ambiente de trabajo en conclusión es regular y se puede trabajar en el mismo, sin embargo, es importante recordar que las condiciones no son idóneas para que el trabajador se desempeñe de manera eficiente; por lo que se debe buscar la manera de mejorarlo y proporcionar el ambiente adecuado para realizar las tareas y de esta forma el trabajador pueda ser más productivo.

## **2.2. Ventilación**

El sistema de ventilación es deficiente, puesto que no se cuentan con extractores de calor suficientes lo que conlleva a que se encierra el mismo dentro de las naves lo cual es molesto para los trabajadores que se encuentran en esta área; además las entradas y salidas de aire son pocas e insuficientes; por lo que, no se tiene una circulación constante de aire, motivo por el que se debe de implementar un sistema adecuado de ventilación.

Por lo tanto se debe estudiar si los sistemas actuales son adecuados, además es necesario establecer si éstos deben ser mejorados o si deben

cambiarse definitivamente para que los trabajadores no tengan problemas a largo plazo ó sufran de enfermedades ocupacionales y efectos cuya causa sea el calor como por ejemplo sueño, problemas de mareos, etc., cuya consecuencia podrían ser un accidente. Las naves por estar construidas en su mayor parte por lámina en días soleados estas se calientan y aumentan el calor dentro de las naves.

Las temperaturas son muy elevadas para realizar el trabajo, dichas temperatura se encuentra en promedio arriba de los 35 °C lo que puede ocasionar diferentes situaciones o problemas dentro del área de trabajo que podrían terminar en accidente. Por lo que es muy importante estudiar la situación actual para establecer las deficiencias presentes en el sistema de ventilación.

### **2.2.1. Tipo de ventilación utilizada**

La ventilación que se utiliza en la actualidad en la empresa y especialmente en las naves de extrusión es un sistema deficiente, en el cual se cuenta con 2 extractores pequeños de aire montados en la parte superior de la nave (en el techo) y un ventilador colocado en la parte alta de la nave 2 que es la que tiene mayor altitud y menor temperatura; por lo que es deficiente e inadecuada, uno de los motivos principales seria el diseño y poca modificación de la planta cuando comenzó a crecer y a aumentar de personal y maquinarias que generan a su vez un aumento significativo en la temperatura del área de extrusión.

En lo que respecta a la ventilación natural en el área es muy reducida; ya que el área se encuentra cerrada por un mal diseño en la estructura, ya que de un lado se tiene el área de corte e impresión, por el otro tiene el área donde se

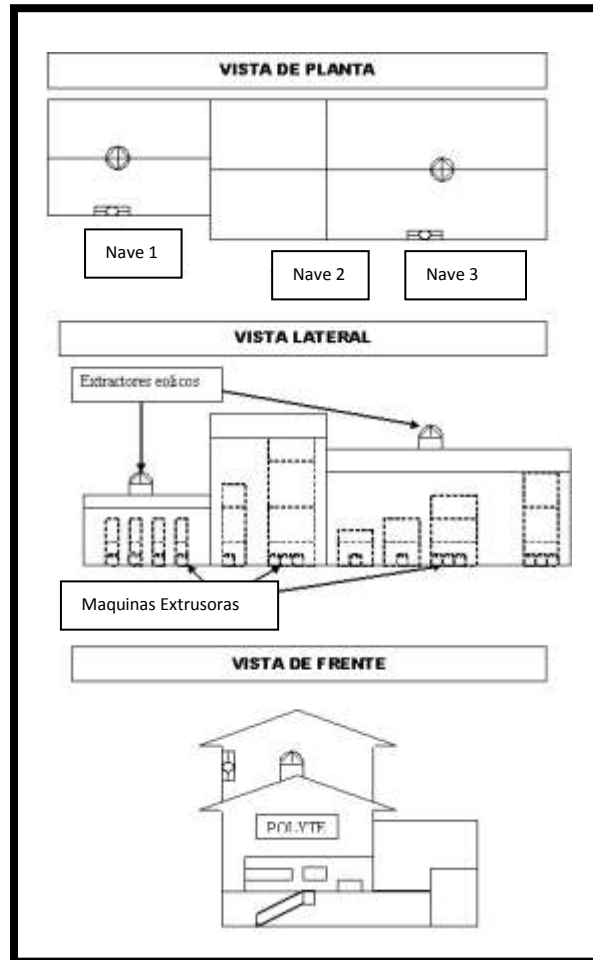
encuentran las torres de enfriamiento y los chiller's, que son máquinas utilizadas para disminuir la temperatura del agua que ingresa al anillo de enfriamiento de las máquinas extrusoras esto antes de ingresar a la planta, en la parte frontal se tiene el área de oficinas generales y de contabilidad y por la parte posterior se tiene la bodega de producto en proceso; por esto es que es muy difícil la ventilación natural por que no se tiene un contacto directo con el exterior, además el diseño no cuenta con ventanales o chimeneas extractoras de calor. Por tal motivo los sistemas de extracción antes mencionados son deficientes e insuficientes en lo que respecta a la extracción de aire o calor.

Actualmente no se cuenta la introducción de aire fresco desde el medio ambiente exterior hacia adentro de las naves, uno de los motivos es por el que ya se comento anteriormente, está rodeada en su mayor parte por otras áreas y el diseño no cuenta con estos ventanales, el único espacio con el que se cuenta para la introducción de aire son las puertas la cuales se encuentran cerradas generalmente por seguridad y limpieza de los productos, y se abren solamente cuando un colaborador sale o entra de las naves, esto evita que algún insecto, polvo o suciedad entre a las naves y contaminen el producto.

Se ha realizado un estudio sobre varias formas de inyectar aire del medio ambiente que rodea las naves de forma natural únicamente se lograría con ventanas, tanto por medio de ventiladores eléctricos, los cuales forzarían el aire a entrar al área; sin embargo, por cuestión de costos se analizará de la forma natural solo por ventanas.

A continuación se les presenta un plano general de cómo se encuentra distribuido el sistema de ventilación en la actualidad.

Figura 4. **Croquis de la empresa**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Word.

### 2.2.2. **Área de Extrusión de Plástico**

El Área de Extrusión es el área donde se concentra la mayor cantidad de calor esto como ya se ha mencionado por el tipo de trabajo que se realiza y el número de personas que labora en este departamento la temperatura puede afectar a estas personas; por lo que se tiene que realizar un análisis en el cual se tenga en cuenta las temperaturas óptimas en las que un colaborador puede

realizar su trabajo, es muy importante realizar el estudio para que no se realice un gasto innecesario y sin beneficio para la empresa.

### **2.2.3. Temperatura en el trabajo**

La temperatura se debe de monitorear y no debe de pasarse por alto como sea hecho en este tiempo en el cual no solo ha aumentado muy drásticamente en especial porque el área ha crecido con la incorporación de la empresa Geoplast, si no que también el número de personas trabajando en esta área.

La temperatura de una persona en la que se ve afectada es arriba de los 30 °C; por lo que si la temperatura comienza a elevarse arriba o se mantiene arriba de los 30 °C puede comenzar a afectar la integridad tanto física como mental de la persona; ya que según estudios realizados las personas que trabajan en lugares calurosos, es decir, lugares con calor excesivo se ven afectadas también de formar emocional y mental a tal grado que pueden ocasionar distracciones. Las formas emocionales y mentales que se presentan normalmente en esta situación son:

- Cansancio mental
- Falta de atención en el trabajo
- Irritaciones
- Humor cambiante
- Poca cautela y seguridad a la hora de trabajar



El cansancio mental se da por trabajar muchas horas bajo un calor constante, esto impide que se piense claramente y se analice adecuadamente el trabajo que se realiza, lo cual tiene como resultado generalmente que la persona realice de forma deficiente su trabajo.

La falta de atención es otro efecto que ocasiona el excesivo calor; este hace cometer errores a la persona que normalmente no lo cometería en condiciones adecuadas.

El efecto de la temperatura elevada tiene un alto grado de peligrosidad, en especial cuando se le da mantenimiento a la maquinaria, acción que por lo general se lleva a cabo a una temperatura elevada, por lo que este tipo de actos generan la mayoría de accidentes, esto unido a la poca cautela y seguridad con la que se realiza el trabajo. Además, el calor es causa de cambios repentinos de humor y de irritabilidad lo cual hace más difícil el trabajo en equipo y se tiende a realizar un trabajo de baja calidad.

En lo que respecta a la forma en que afecta físicamente al colaborador el calor cuando está realizando su trabajo, se puede mencionar algunos:

- Cansancio físico
- Cansancio visual
- Problemas pulmonares
- Mareos
- Calambres musculares
- Desmayos
- Sarpullido
- Incomodidad para trabajar
- Exceso de transpiración

- Insolación

Estos efectos se dan en la mayoría de los casos por una exposición larga y prolongada a temperaturas elevadas, por lo general afectan a personas mayores por lo que en esta área se optó porque no laboren personas mayores de 50 años en esta área. En la actualidad en el área únicamente trabajan personas de un rango de edad entre 20 a 45 años de edad, solamente un supervisor es el que se encuentra por arriba de los 50 años.

#### **2.2.3.1. Concentración de calor en el Área de Extrusión**

Como ya se ha mencionado la temperatura en el departamento de extrusión es muy alta la cual en horas del día llega a ser mayor de 38 °C, esto debido a los diferentes factores que ya se han mencionado y los más relevantes son:

- Deficiente sistema de ventilación
- Máquinas que trabajan a temperaturas elevadas
- Cantidad de personas trabajando en el departamento

Estos tres factores son los más importantes dentro del estudio y principalmente el sistema de ventilación porque los otros dos son indispensables y no se pueden cambiar de gran manera ya que las máquinas vienen diseñadas para trabajar en estas temperaturas y la cantidad del personal es directamente proporcional a la cantidad de máquinas que se encuentra en esta área, por tal motivo la única solución es mejorar el sistema de ventilación actual.

La mayor concentración de calor se genera en el área de cañones de las máquinas extrusoras, ya que aquí es donde se comprime el material y se tienen los tubos expansores con vapor para poder estirar el material hasta formar la burbuja con el diámetro que se necesita. En esta área se trabaja cuando se revisan el funcionamiento de las máquinas, para realizar algún trabajo de mantenimiento, inspecciones que se realizan cada cierto tiempo o a la hora de agregar las materias primas, en estas zonas si exceden los 40 °C de temperatura por lo que si es muy importante medir el tiempo que los trabajadores pasan en esta área e intentar que sea el menor tiempo posible para que no se tengan consecuencias que se puedan lamentar en un futuro.

### **2.2.3.2. Extractores de calor**

Las tres naves poseen poca ventilación y se acumula el calor en gran parte de ellas en especial en la nave 1 y entre las máquinas, porque no se cuenta con un sistema de extracción de calor adecuado para las condiciones de trabajo. Se cuentan con dos extractores de calor de baja capacidad instalados en la parte alta de la nave 1 y 3 los cuales no son suficientes para poder liberar al ambiente todo el calor que se encuentran dentro de las naves industriales, por tal motivo hace unos años se implemento un extractor de calor tipo ventilador el cual fue instalado en una ubicación inadecuada, puesto que se instalo en la parte alta de la nave 2, la cual es la más alta y la que tiene menor número de máquinas y personas trabajando aquí, por lo que sirvió muy poco, ya que las mayores concentraciones de calor se dan en las otras dos naves como lo pueden ver en el capítulo 3.

Es evidente que es una necesidad importante e inmediata instalar un sistema de extractores eficiente y que no genere una inversión demasiado grande para la empresa; además, se deben de analizar los diferentes tipos de

extractores que existen y escoger el adecuado para los objetivos de trabajos que se realizan dentro de las naves.

El objetivo más grande que se persigue es disminuir la concentración de calor a tal punto que se tenga una temperatura máxima promedio de 28 °C durante el día y en especial en época de verano que es cuando mayor cantidad de calor se acumula; es aquí donde entra a jugar el factor del material que se utilizó para la fabricación de las naves, las cuales son de lámina en la parte lateral superior y el techo; además no se preveo que en la época de verano éstas se pondrán calientes con forme vayan avanzando las horas del día, ya que se estará concentrando una mayor cantidad de calor, la temperatura del ambiente en el exterior será alta; por lo que el calor del sol causará un cambio de temperatura en la lámina, lo que provocará el aumento de temperatura en el interior de las naves.

#### **2.2.4. Análisis del sistema de ventilación**

Como ya se ha mencionado anteriormente los problemas que afectan a las naves en lo que respecta a la ventilación son tres:

- Extracción de calor y aire
- Variación de la temperatura
- Inyección de aire a las naves

Estos problemas son los que afectan en gran parte a la mayoría de las personas que trabajan en esta área ya que aquí se realiza mucho trabajo físico. Por lo que el esfuerzo y la transpiración son los problemas más comunes derivados de un deficiente sistema de ventilación que afectan a los colaboradores. Esto hace que sea incomodo para ellos realizar sus tareas,

especialmente al medio día; estos problemas se van agravando dependiendo de la temperatura y el tiempo de exposición a ella principalmente a los trabajadores de mantenimiento cuando tienen que reparar las máquinas, en especial el cañón, actividad que tienen que realizar con la máquina caliente, debido a que no se puede dar tiempo de enfriamiento a la máquina, puesto que esto representaría mucho tiempo perdido en producción.

#### **2.2.4.1. Variación de temperatura**

La variación de temperatura se da principalmente durante la mañana entre 9:00 y 11:00 hrs. y por la tarde entre las 15:00 y 17:00 hrs., entre estas horas existe una variación aproximadamente de 5 grados, en la mañana aumenta y por la tarde disminuye. Esto mayormente es por que entre las 11:00 de la mañana a las 15:00 de tarde es donde la temperatura del ambiente exterior a las naves es más fuerte o más alta esto debido a que en estas horas es cuando el sol esta más fuerte.

También se tiene una variación de temperatura entre áreas aledañas a la de extrusión, al igual que en el laboratorio de materiales donde se tiene aire acondicionado esto si es un problema ya que la variación es muy grande y afecta la salud de los empleados, especialmente a los que entran y salen del laboratorio constantemente, no se tienen consecuencias inmediatas al estar expuesto a este tipo de situaciones esto es porque es un riesgo que se da a largo plazo, es decir, que es algo progresivo que puede generar en el colaborador problemas pulmonares o respiratorios, dando como resultado lo que se conoce en seguridad industrial como enfermedad ocupacional.

#### **2.2.4.2. Introducción de aire al área de extrusión**

La introducción de aire es un problema muy grande como anteriormente se mencionó, las naves están completamente rodeadas y no se tienen muchas alternativas para poder realizarse, por el momento las únicas entradas de aire hacia el área es de forma indirecta a través de las áreas aledañas y de forma directa a través de pequeñas ventanas que se encuentran en la parte superior de las naves y a través de la puertas cuando se abren o entre los espacios entre ellas y la pared.

Es muy difícil tener una inyección de aire adecuada con el diseño estructural actual de la empresa y el crecimiento, lo que hace que el área de extrusión quede en medio de la planta entre las demás áreas, lo cual solo deja libre el espacio superior de las naves, esto debido a que las naves son mas altas que las de las demás áreas, y el diseño seria demasiado complejo ya que en la parte superior se debe tener el sistema de extracción de aire; por lo que se debe analizar la funcionabilidad de un sistema subterráneo con conductos tipo aire acondicionado pero esto se explicara en el capítulo 3.

### **2.3. Iluminación**

La iluminación es una parte importante en la fabricación de los productos ya que se debe de tener una buena iluminación para que se logren los resultados de calidad en los productos.

### **2.3.1. Iluminación en el área de extrusión de plástico**

La iluminación en el área de extrusión varía según las condiciones del ambiente que la rodea, ya que depende directamente de este, los tres métodos que se utilizan son:

- Iluminación natural
- Iluminación artificial
- Iluminación combinada

Estas son los tres tipos de iluminación utilizadas en la empresa en particular y en la mayoría de las empresas a nivel mundial; estas por lo general, se utilizan según los requerimientos de cada empresa, en la mayoría de los casos prefieren utilizar una iluminación combinada, ya que permite mayores beneficios.

En el Área de Extrusión se utilizan los tres tipos de iluminación según las características del clima, un sistema de iluminación combinada la cual es de gran importancia en días nublados o con lluvia, por otro lado de preferencia se tiene iluminación natural en el día esto para disminuir los costos, en los que incurren al utilizar energía el sistema de iluminación artificial, y como se trabaja doble jornada (diurna y nocturna) la iluminación artificial se utiliza en la jornada nocturna y en los laboratorios de extrusión, en los laboratorios es necesario utilizar la iluminación artificial todo el día, porque en esta área se requiere una iluminación especial o con mayor intensidad para poder observar los detalles y espesores de la tela plástica, sin embargo, el estudio se enfoca en el Área de Producción.

Como se ha mencionado anteriormente la iluminación en apariencia es buena pero se debe de analizar su adecuación, por lo que se debe de examinar y determinar si en el turno nocturno existe una correcta iluminación artificial o si se debe de mejorar, para esto se utilizará un método llamado cavidad zonal que nos dará una respuesta a la pregunta antes mencionada.

### **2.3.1.1. Iluminación natural**

La iluminación natural en el área de extrusión es proporcionada en su mayor parte por láminas translucidas que se encuentran en el techo de las naves. Estas láminas son las que dejan pasar la luz del día pero sin dejar pasar los rayos directos del sol. Cada nave cuenta con al menos 4 láminas entre columnas las cuales son en total 9 entre la nave 2 y 3, y se cuentan con 2 entre columnas que son 5, esta diferencia es porque las columnas están mas distanciadas en la nave 2 y 3 que en la nave 1, por lo que se cuenta en total con 46 láminas transparentes distribuidas entre las 3 naves. Por lo que se debe de analizar la efectividad del actual sistema de iluminación o si se precisa implementar más láminas de este tipo. También se tiene iluminación por medio del portón de ingreso a la planta de entrada a la empresa que está justo en frente del área de extrusión, la cual además, brinda luz natural a las naves en especial a la nave 1 y al área de las peletizadoras.

Actualmente, en el área existe una iluminación aceptable, pero se debe velar porque el sistema optimice la iluminación del área, en especial en la nave 1, en la que se denota una penumbra cuando se trabaja solo con iluminación natural.



### **2.3.1.2. Iluminación artificial**

El sistema de iluminación artificial se utiliza en el turno nocturno ya que no se cuenta con la luz del día para trabajar se depende directamente de un sistema de iluminación eléctrico el cual debe de proveer la suficiente luz para realizar el trabajo específico de cada área. En este sistema se tienen luminarias en línea recta, en total son 12 luminarias que se tienen en el corredor y las máquinas cuentan con lámparas independientes especiales que trae de fabrica cada uno de las máquinas, el problema que se presenta cuando es necesario reemplazarlas, puesto que estas no son fáciles de adquirir con proveedores locales y por lo general se deben realizar un pedido a la fábrica, y su costo es muy alto, debido a esto algunas de las máquinas ya no cuentan con esta iluminación.

El sistema de iluminación artificial según los estudios debe de modificarse en puntos específicos, puesto que en el turno nocturno la iluminación no es la adecuada, ya que no llega a todos los lugares de trabajo por lo que se debe analizar el hecho de realizar una mejora del sistema.

### **2.3.1.3. Iluminación combinada**

La iluminación combinada es la más utilizada en la industria, esto porque es mucho mejor tener un sistema basado en dos métodos funcionales y que se complementen, en lugar de tener solamente uno que tenga limitaciones y genere demasiados costos. La gran ventaja que posee el sistema de iluminación natural es que es baja en costos pero es deficiente porque depende directamente del clima y no puede existir turno nocturno, y el sistema de iluminación artificial es muy costoso por lo que la empresa contempla ambos sistemas esto para cuando la iluminación natural es deficiente o insuficiente

para realizar las labores cotidianas, como por ejemplo: cuando son días nublados, lluviosos o cuando entra la noche, el sistema en la actualidad es bueno pero debe de analizarse si es el correcto para las actividades que se llevan a cabo en esta área.

El sistema combinado es muy eficiente cuando se cuentan con un equilibrio adecuado, en el cual la iluminación natural debe de ser de 20 % y complementarla cuando esta es insuficiente con la luz artificial la cual debe de ser estudiada por medio del Método de Cavidad Zonal para verificar que sea la correcta, al igual se debe de analizar si es necesario adaptar luminarias por nivel a las máquinas o si es suficiente con la iluminación combinada que se tiene en las naves.

Durante el día se complementan muy bien estos dos sistemas pero durante la noche se debe de estudiar mucho más y establecer la forma de mejorar el sistema, ya que es ineficiente en algunas áreas de trabajo en especial a la hora de agregar la materia prima a los recipientes de donde sustrae la máquina, esta materia para convertirla en la tela plástica que se quiere.

Se espera que con el estudio que se realizará se obtengan resultados positivos y mejoras que permitan tener mayor tiempo sin utilizar la iluminación artificial y en condiciones idóneas, no utilizar el sistema de iluminación artificial más que para el turno nocturno.

### **2.3.2. Distribución de lámparas**

La distribución de lámparas dentro de las naves es dependiendo de la longitud que tienen:

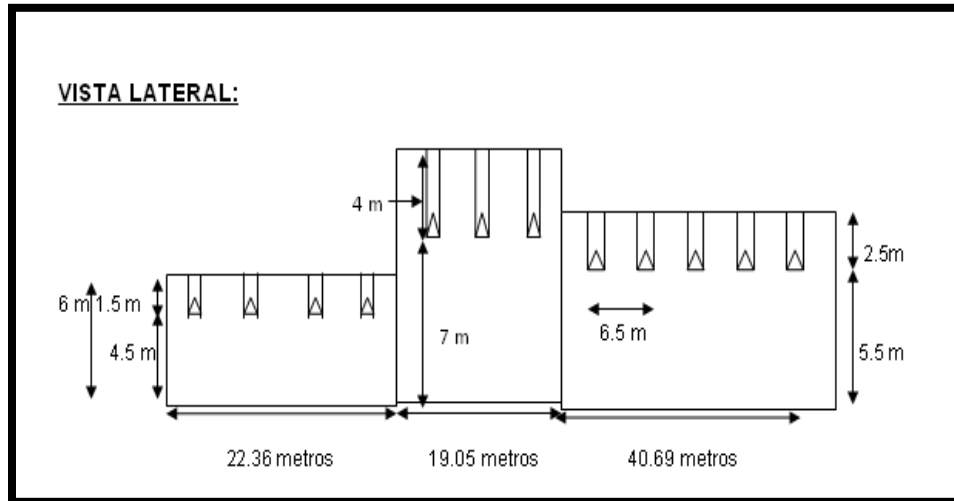
- La nave 1 cuenta con 4 luminarias distanciadas aproximadamente 4,3 metros entre cada una.
- La nave 2 cuenta con 3 luminarias distanciadas aproximadamente 4,8 metros entre cada una.
- La nave 3 que es la que tiene mayor longitud cuenta con 5 luminarias distanciadas aproximadamente 6,5 metros entre cada una.

Estas lámparas están distribuidas en línea recta a todo lo largo de las naves.

### **2.3.3. Diseño de iluminación**

El diseño de iluminación es básico se tienen 12 luminarias en línea recta a lo largo de las naves, son luminarias del tipo colgantes donde su altura depende tanto de la altura de las naves como el de la maquinaria con la que se cuenta en las 3 naves, como por ejemplo las luminarias de la nave 2 están más elevadas desde el suelo hasta la parte inferior de la luminaria esto porque las máquinas que se encuentran en esta nave son más altas que las que se encuentran en las otras dos naves, como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 5. Vista lateral de la empresa



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

En el diseño original se tenía que la luminarias colgantes se encontraban en la parte central del corredor esto quiere decir que se tienen a la mitad entre la maquinaria y la pared del corredor, esto era cuando la iluminación individual de cada máquina se encontraba en buen estado, pero en la actualidad se encuentran deterioradas o ya no sirven por lo que se deben de cambiar, y para esto en gran parte se deben de pedir a la fábrica directamente, ya que son especiales y no se encuentran en el mercado fácilmente.

El diseño de la iluminación en las tres naves es igual y muy sencillo, consta de varias luminarias por nave las cuales están colocadas en el centro del corredores en línea recta; la única diferencia es la altura a la que están colocadas ya que esto depende de la altura de cada una de las naves, se cuenta con una solo línea de luminarias esto debido al tamaño de las máquinas extrusoras y por la iluminación natural.

En cada una de las máquinas desde fábrica vienen diseñadas con luminarias en los primeros 2 niveles, el problema radica en que no todos los niveles lo tienen; ya que en la mayoría de los casos las máquinas constan con más de 2 niveles, por lo tanto hay lugares donde se realizan algunos trabajos donde se necesita tener una extensión de luz porque no llega la que se tiene en el sistema.

El sistema actual tiene ciertas deficiencias como la que se mencionó anteriormente, porque en el turno nocturno se cuenta al 100% con la luz artificial. Pero con el sistema actual se tienen algunas penumbras en lugares donde se trabaja, por ejemplo, no se tiene una iluminación adecuada en el área trasera en la cual se cargan los materiales para el proceso. Otra de las desventajas que se tiene es que en turno nocturno en algunas máquinas solo se trabaja con la poca iluminación que proporcionan las otras máquinas o las luminarias colocadas en el centro del pasillo.

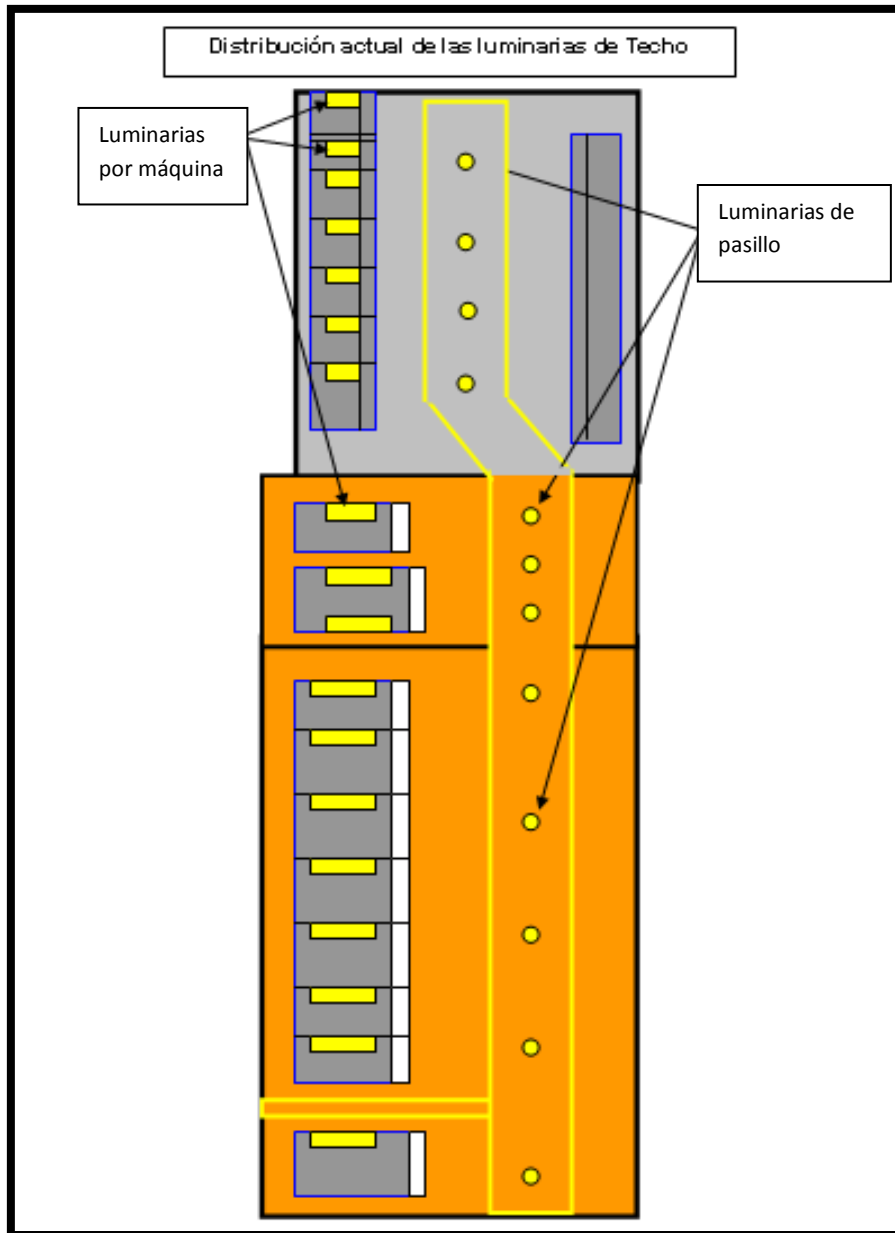
#### **2.3.4. Descripción de luminarias utilizadas**

Las luminarias utilizadas en el área de extracción son luminarias de techo del tipo colgantes las cuales están instaladas en la parte central de las naves estas luminarias son marca ILCO de 16 pulgadas de diámetro, las cuales utilizan un bulbo de incandescente de 400 Watts multivoltaje y luz blanca (luz de día). Este tipo de luminaria está fabricada para dar buena iluminación incluso a distancia arriba de los 8 metros de altura esto porque está diseñada para bodegas y fábricas de gran altura.

Este tipo de luminaria es la adecuada el único inconveniente es ver si la cantidad y distribución de las luminarias están en una proporción correcta conforme a las dimensiones de las naves, ya que según las dimensiones de la

nave así será el número de luminarias necesarias para tener la iluminación adecuada para el tipo de trabajo que se realiza en esta área.

Figura 6. **Distribución del diseño actual de iluminación**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.



### **3. PROPUESTA PARA LA MEJORA AL SISTEMA DE VENTILACIÓN E ILUMINACIÓN**

#### **3.1. Ventilación en el Área de Extrusión de Plástico**

La ventilación es muy importante ya que se tiene que tener una temperatura adecuada para el trabajo de los colaboradores para que realicen el trabajo de la mejor manera posible, es por eso que se debe tener cuidado, ya que al trabajar con una temperatura elevada puede afectar a los colaboradores hasta tal punto que pueda ocasionar algún tipo de accidente. La ventilación en esta área es de vital importancia porque se trabaja por medio de resistencias que alcanzan temperaturas arriba de los 100 °C y con vapor por lo que el calor y la temperatura en el ambiente son muy altos en especial en la época de la primavera.

##### **3.1.1. Ventilación eficiente y adecuada**

La ventilación del Área de Extrusión de la empresa Polytec, es deficiente ya que el calor se encierra dentro de las naves, no se tiene una circulación constante del aire dentro de las instalaciones lo que ocasiona en conjunto que la temperatura se eleve al grado que las condiciones son incómodas para realizar las labores diarias, esto debido a la inexistencia de un sistema de ventilación natural o artificial. Por lo que, a continuación se dan las temperaturas promedio que se dan a diferentes horas del día en la área antes mencionada.



Tabla III. **Tabla de temperaturas de la nave 1**

<b>Fecha</b>	<b>9:00 AM</b>	<b>12:30 PM</b>	<b>2:30 PM</b>
02/03/10	34,0	41,2	39,1
05/03/10	34,5	40,1	41,8
09/03/10	32,3	38,9	38,5
12/03/10	33,9	37,4	38,1
16/03/10	34,1	35,7	35,8
19/03/10	33,0	39,1	38,5
23/03/10	30,1	37,2	36,5
6/04/10	35,2	41,2	40,6
9/04/10	34,6	38,7	38,6
13/04/10	34,0	37,8	37,0
16/04/10	35,6	40,3	39,7
20/04/10	33,9	38,4	39,5
23/04/10	35,1	40,7	41,9
27/04/10	29,2	36,8	36,1
30/04/10	30,8	37,2	36,9
04/05/10	31,2	38,2	37,5
07/05/10	31,2	38,5	37,9
11/05/10	33,5	39,5	40,9
<b>Promedio</b>	<b>33,12</b>	<b>38,72</b>	<b>38,61</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Tabla de temperaturas de la nave 2**

<b>Fecha</b>	<b>9:00 AM</b>	<b>12:30 PM</b>	<b>2:30 PM</b>
02/03/10	32,0	38,4	37,6
05/03/10	31,5	39,3	38,6
09/03/10	29,2	36,4	36,1
12/03/10	30,2	39,3	38,5
16/03/10	29,9	37,8	37,5
19/03/10	30,7	36,8	36,9
23/03/10	31,0	37,81	37,2
6/04/10	28,1	35,7	35,1
9/04/10	30,2	38,4	38,2
13/04/10	31,8	37,4	36,9
16/04/10	32,7	39,8	39,3
20/04/10	30,0	36,8	36,1
23/04/10	31,4	38,7	37,4
27/04/10	32,8	38,6	37,8
30/04/10	28,1	35,2	35,3
04/05/10	29,7	37,5	36,5
07/05/10	31,5	38,4	37,4
11/05/10	30,3	37,5	37,9
<b>Promedio</b>	<b>30,62</b>	<b>37,81</b>	<b>37,24</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Tabla de temperaturas de la nave 2**

<b>Fecha</b>	<b>9:00 AM</b>	<b>12:30 PM</b>	<b>2:30 PM</b>
02/03/10	32,2	38,7	37,8
05/03/10	31,9	39,2	40,1
09/03/10	29,8	36,7	36,9
12/03/10	29,5	40,8	39,9
16/03/10	29,9	37,9	38,7
19/03/10	31,3	37,4	37,9
23/03/10	31,9	39,9	38,8
6/04/10	29,1	36,1	36,0
9/04/10	31,3	39,9	40,5
13/04/10	31,5	37,1	36,1
16/04/10	32,5	40,2	39,5
20/04/10	31,2	37,3	36,8
23/04/10	30,5	38,7	38,4
27/04/10	32,8	39,6	38,8
30/04/10	29,4	37,2	36,9
04/05/10	30,5	39,8	38,9
07/05/10	31,4	39,9	39,1
11/05/10	30,9	38,5	38,1
<b>Promedio</b>	<b>30,62</b>	<b>38,22</b>	<b>37,41</b>

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto el promedio total en cada una de las naves es el siguiente:

$$\text{Nave 1} = \frac{33,12 + 38,72 + 38,61}{3} = 36,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3

$$\text{Nave 2} = \frac{30,62 + 37,81 + 37,24}{3} = 35,22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Nave 3} = \frac{30,98 + 38,61 + 38,29}{3} = 36,09 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Como se puede observar las temperaturas son demasiado altas para un área de trabajo donde se manejan grandes cantidades de productos con pesos considerables medidos en kilogramos estibados en pallets, los cuales tienen que ser movilizados por montacargas, lo que puede ocasionar accidentes por la falta de ventilación o disipación del calor. Por lo que, a continuación se presenta un modelo del sistema de ventilación apropiado para la planta.

El sistema consta de dos subsistemas los cuales ayudarán a reducir el calor dentro de las naves de trabajo. El primer subsistema consiste en la ventilación forzada, la cual se hace por medio de dos ventiladores que estarán colocados en la parte exterior de la planta para proveer el aire suficiente y fresco a través de un sistema de ductos de metal instalada en el piso de las naves, cuyo objetivo es obligar a que por la diferencia de temperatura el aire con una mayor temperatura quede en la parte superior de las naves; esto afectara a los colaboradores que tengan que hacer algún tipo de trabajo o reparación de las extrusoras por lo que entra en juego el segundo subsistema que consiste en una serie de extractores de calor los cuales estarán colocados en todo el techo de la empresa este tipo de extractores serán del tipo eólico, el cual por medio de la diferencia de presiones que se ejerce tanto en la parte interna como externa obliga a que por medio de rotación el aire caliente sea expulsado de la nave y mantener una temperatura adecuada dentro de las naves.

La ventilación eficiente y adecuada trata de proporcionar las condiciones idóneas en el puesto de trabajo con respecto a la ventilación, esto quiere decir que se debe tener una buena temperatura ambiente tanto dentro como fuera de la máquina, una inyección de aire adecuada sin dejar entrar contaminantes que puedan afectar la producción, la cantidad de renovaciones de aire correspondiente al tipo de trabajo realizado en esta área, control de la temperatura de la burbuja para que el proceso sea el indicado y correcto y tener las precauciones correspondientes para que la temperatura no baje demasiado en los días de invierno por lo que se debe de tener un control simple y eficiente.

Para poder realizar un trabajo eficiente de buena calidad se deben de tomar en cuenta que el factor de desempeño de un operario en condiciones deficientes debido a altas temperaturas no es el óptimo, en comparación al trabajar en condiciones adecuadas de temperatura; por lo que se debe de tener un sistema tan eficiente como se quiere que sea el desempeño de los trabajadores; por tal motivo se desarrolla un sistema dividido a su vez en dos grandes subsistemas los cuales son:

- Subsistema de extracción de calor
- Subsistema de inyección de aire

La ventilación se va a realizar por medio de estos dos subsistemas los cuales se van a complementar para mantener un ambiente templado y seguro para los trabajadores por lo que se necesita también calcular de qué tamaño deberán ser las ventanas de ventilación para la introducción de aire a las 3 naves.

El área no tiene la ventilación adecuada ya que a toda hora se siente una temperatura bastante alta esto se da por varios motivos, las máquinas, personas y montacargas, por lo que se deben de agregar un subsistema de inyección de aire para que la ventilación sea eficiente y adecuada para los colaboradores que aquí laboran tengan un ambiente seguro e higiénico; por lo que se deben de analizar los siguientes datos para calcular lo necesario.

Las dimensiones de las ventanas que se deben implementar para la introducción de aire a las naves son las siguientes:

Cálculo

$$Q = C * A * V$$

$$\text{Vol} = (19 * 22,36 * 6) + (20 * 19,5 * 11) + (20 * 40,69 * 8) = 13\ 250,44 \text{ m}^3$$

Vel. del viento según el INSIVUMEH = 10,96 km/hora (Estación: INSIVUMEH, tabla de promedios mensuales y anuales de la velocidad del viento, meses comprendidos de enero a mayo de 2010).

$$\text{Flujo o volumen a evacuar} = 4 * 13\ 250,44 = 53\ 001,76 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$53\ 001,76 = 0,30 * A * 10\ 960$$

$$A = 16,12 \text{ m}^2$$

$$A = \text{longitud} * \text{ancho}$$

$$\text{Ancho} = \frac{16,12 \text{ m}^2}{82,55 \text{ m}} = 0,2 \text{ m} / 2 = 0,10 \text{ m de ancho cada ventana}$$

Según la fórmula de ventilación natural se deben de colocar ventanas cuadradas de 0,10 metros de ancho a lo largo de cada una de las naves, el problema que se presenta es que las naves no dan directamente al exterior, sino que colindan con otras naves del proceso de producción y por lo tanto se

necesita diseñar un sistema el cual proporcione la misma cantidad de aire pero por medio de un sistema de ductos subterráneos por lo que se tiene:

Se debe de desplazar un volumen de aire igual a 53 001,76 metro cúbico sobre hora en un número menor de ventanas para cubrir los 16,12 metros cuadrados por lo que se instalarán ventanas de 1,5 metros de alto \* 2 metros de largo que deben ser instaladas en la parte baja de la nave, para conocer la cantidad de ventanas necesarias para el sistema se debe realizar la siguiente ecuación:

$$Q = C * A * V$$

$$\text{Vol} = (19 * 22,36 * 6) + (20 * 19,5 * 11) + (20 * 40,69 * 8) = 13\,250,44\text{m}^3$$

Vel. del viento según el INSIVUMEH = 10,96 km/hora (Estación: INSIVUMEH, tabla de promedios mensuales y anuales de la velocidad del viento, meses comprendidos de enero a mayo de 2010).

$$\text{Flujo o volumen a evacuar} = 4 * 13\,250,44 = 53\,001,76 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$Q1 = 0,30 * (1,5 * 2) * 10\,960$$

$$Q1 = 9\,864 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Número de ventanas} = \frac{Q \text{ total}}{Q1} = \frac{53\,001,76}{9\,864} = 5,37 = 5 \text{ ventanas}$$

Con el nuevo sistema se tienen que utilizar 5 ventanas de 1,5 metros de alto \* 2 metros ancho para tener la ventilación adecuada para este tipo de área de trabajo; por lo que también se tiene que diseñar otro sistema para que extraiga la misma cantidad de aire inyectado hacia el exterior con lo que el sistema estaría completo.

Para la extracción de aire se tiene las siguientes especificaciones:

Extractores de calor eólicos = 10

Extractor de eólicos o de turbina 22" o 60 cm.

Medidas y peso (Armado): ancho 76 cm., fondo: 75 cm., alto: 100 cm.,  
peso 13 kilos.

Si se tiene que 1 extractor puede desplazar o extraer una cantidad de 2,100 m<sup>3</sup> con una velocidad del viento de 5 km/h. Entonces:

$$\begin{array}{rcl} 2\,100\text{ m}^3 & \text{-----} & 5\text{ km/h} \\ X & \text{-----} & 10,96\text{ km/h} \\ X = \frac{10,96 * 2\,100}{5} & = & 4\,603,20\text{ m}^3 \end{array}$$

Por lo que:

$$\text{Volumen desplazado} = 4\,603,20 * 10$$

$$\text{Volumen desplazado} = 46\,032\text{ m}^3$$

El resto del volumen a desplazar lo extraen los 2 ventiladores extractores de aire instalados en los costados de la nave 1 y 3 para tener el mejor sistema de ventilación.

En consecuencia con este sistema se logrará disminuir la temperatura de 36 °C a una temperatura aproximada de entre 25 y 29 °C por lo que se crea una ambiente templado y perfecto para realizar el trabajo.



### **3.1.2. Ventilación basada en la extracción de aire y calor**

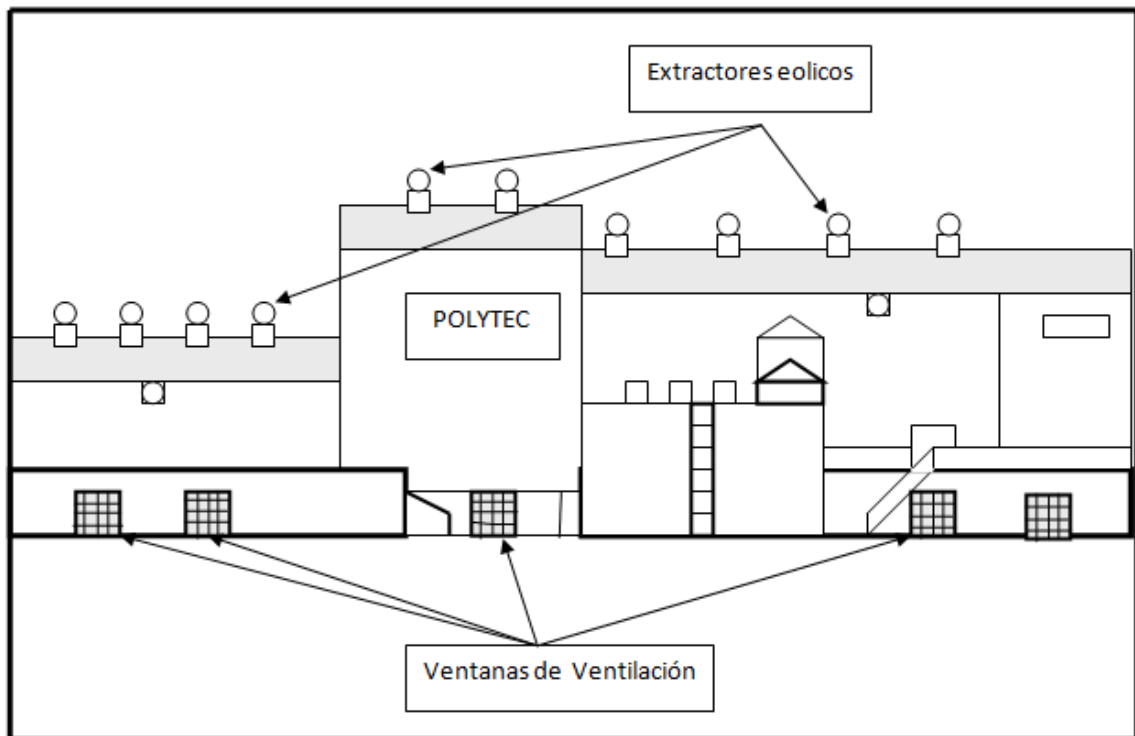
La extracción de aire se llevara a cabo mediante dos sistemas, uno es el de extractores eólicos instalados en el techo de las naves y el segundo es el de ventiladores extractores de aire instalados en la parte alta de las paredes con esto se pretende evacuar todo el calor posible por medio de la diferencia de presión. Este sistema funcionará tanto por medio de la velocidad del viento en lo que respecta a los extractores y por medio de motores eléctricos en lo que corresponde a los ventiladores. Este sistema para que funcione y sea eficiente debe de evacuar aproximadamente el mismo volumen que ingresa a las naves. El sistema basado en la extracción de aire y calor es muy conocido; pero se pretende tener un mejor funcionamiento realizando un complemento entre ambos sistemas; para mejorar la efectividad del sistema de ventilación.

### **3.1.3. Inyección natural de aire al Área de Extrusión**

Esta inyección de aire de forma natural se realizará mediante 5 ventanas instaladas en la parte baja de la planta donde se distribuirá el aire a través de conductos parecidos a los de los aires acondicionados que se encuentran en los edificios, con la única diferencia que estos estarán debajo del piso, esto es porque las naves de extrusión en gran parte no dan al exterior y no se pueden poner ventanas para tener una ventilación o introducción de aire directo; por lo que se ideó este tipo de ventilación subterránea que cuenta con 5 ventanas de 1,5 metros por 2 metros las cuales estarán instaladas según la imagen 6 y de estas se estarán conectadas con el sistema de ventilación subterráneo para la distribución del mismo cada ventana estarán distanciadas por lo menos 3 metros una de la otra con esto se evitará que se debilite demasiado el piso.

Dichas ventanas estarán en la parte inferior externa de la planta. Además se dejarán preparadas las conexiones por si es necesario colocar ventiladores, en caso que la ventilación natural no sea la necesaria para poder modificarla sin mayor esfuerzo de ventilación no forzada a ventilación forzada por medio de los ventiladores antes mencionados.

Figura 7. **Distribución propuesta para el sistema de ventilación**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

### **3.1.3.1. Efectos en la burbuja de extrusión de plásticos**

Según el estudio que se realizó en un fin de semana en el cual no trabajan todas máquinas por lo que no se acumula el calor y la temperatura no se eleva demasiado, esto con el fin de poder ver si la diferencia de temperatura afectaba la burbuja de plástico de las extrusoras, en el estudio se llegó a una temperatura de 25 °C sin ningún problema, por lo que no afectará la introducción de aire a la burbuja de aire.

En conclusión no se tiene ningún problema con la variación de temperatura y para evitar la contaminación de la burbuja y la materia prima se utilizaran filtros en la entrada de cada una de las ventanas de ventilación como por el momento no se tienen ventilación forzada no se corre ningún peligro que un contaminante grande llegue a las naves, sin embargo se debe de tener cuidado con los insectos y los roedores que puedan entrar por lo tanto los filtro y la maya deben de resistir todos estos inconvenientes que puedan presentarse en el transcurso del tiempo.

### **3.2. Iluminación en el Área de Extrusión de Plástico**

En el Área de Extrusión de Plástico se cuenta con dos tipos de iluminación: tanto la iluminación natural como la artificial, la iluminación natural se da por medio de laminas translúcidas colocadas en el techo, las cuales dejan pasar la claridad pero no la luz del sol, esto beneficia la iluminación del área, ya que en el día se utilizará en menor tiempo la luz artificial, factor importante ya que producirá un ahorro de energía eléctrica, mientras que la luz artificial es proveída por lámparas colgantes que se encuentran en las parte central de las naves estas son las que proporcionan la iluminación durante días nublados

donde la luz natural no es suficientes para realizar el trabajo y en el turno nocturno que es 100% iluminación artificial.

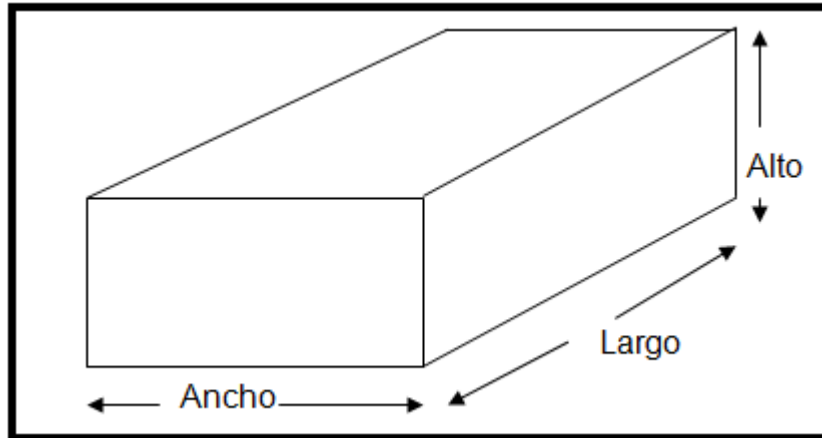
### **3.2.1. Iluminación natural**

La iluminación como ya antes se menciona es provista por láminas translucidas colocadas en el techo por lo que se hará un estudio para ver cuantas láminas translucidas son necesarias para el área de trabajo sujeta a análisis, esto se llevará a cabo mediante el método de techos. El techo de las naves es un techo de dos aguas.

#### **3.2.1.1. Estudio de la iluminación natural dentro del área**

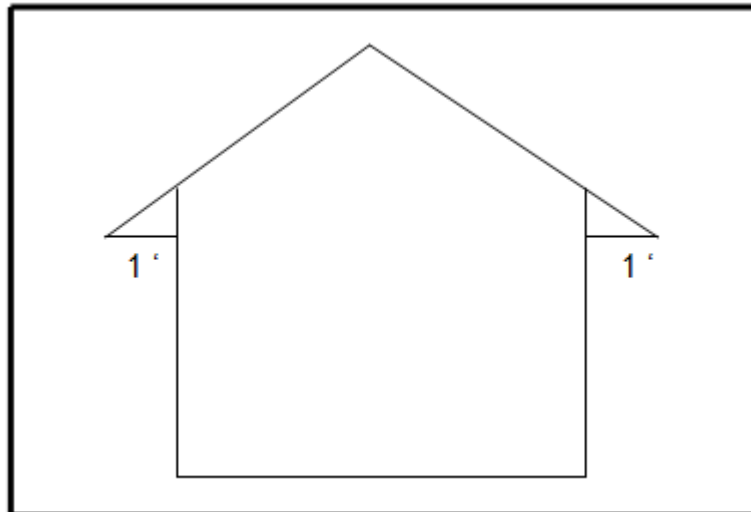
El estudio de la iluminación natural sirve para ver el número de láminas transparentes que son necesarias dentro de la nave para que se tenga una iluminación adecuado durante el día y evitar o disminuir el uso de iluminación artificial durante el día.

Figura 8. **Dimensiones de la nave**



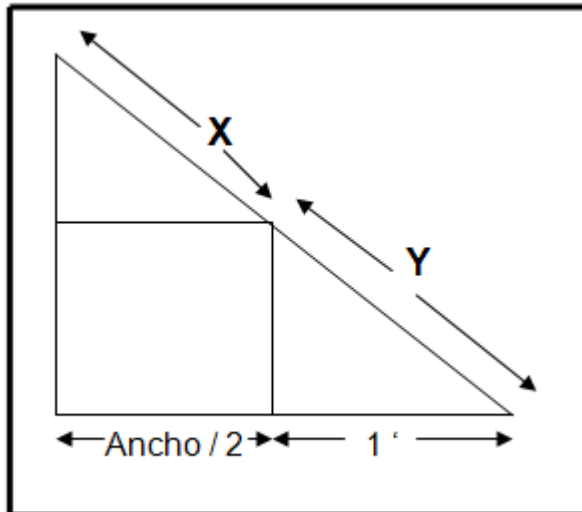
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

Figura 9. **Distancia entre la pared y la punta del techo**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

Figura 10. **Figura de ley de cosenos**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

Nave 1:

Ancho = 19 m

Largo = 22,36 m

Alto = 6 m

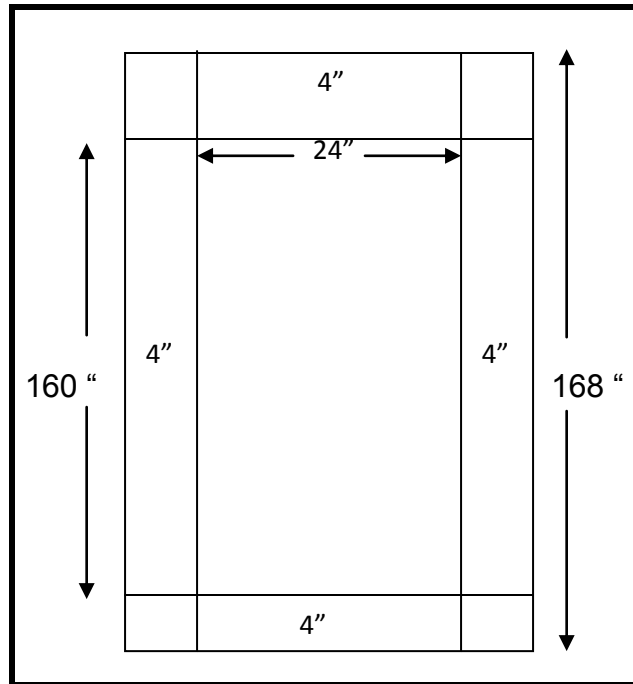
Grado de inclinación: 15°

$$x + Y = \frac{9,5 + (1/3,28)}{\cos 15^\circ} = 10,15 \text{ m de ancho}$$

$$10,15 * 22,36 = 226,97$$

$$A \text{ total} = 226,97 * 2 = 453,94 \text{ m}^2$$

Figura 11. Dimensiones de láminas nave 1



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

$$A = 160'' * 24'' = 3\,840 \text{ pl.}^2 = 2,47 \text{ m}^2$$

No. Láminas =  $226,97 / 2,47 = 91,89$  láminas = 92 láminas

No. De láminas transparentes =  $92 * 20\% = 18,4$  láminas = 19 láminas

Nave 2:

Ancho = 20 m

Largo = 19,05 m

Alto = 11 m

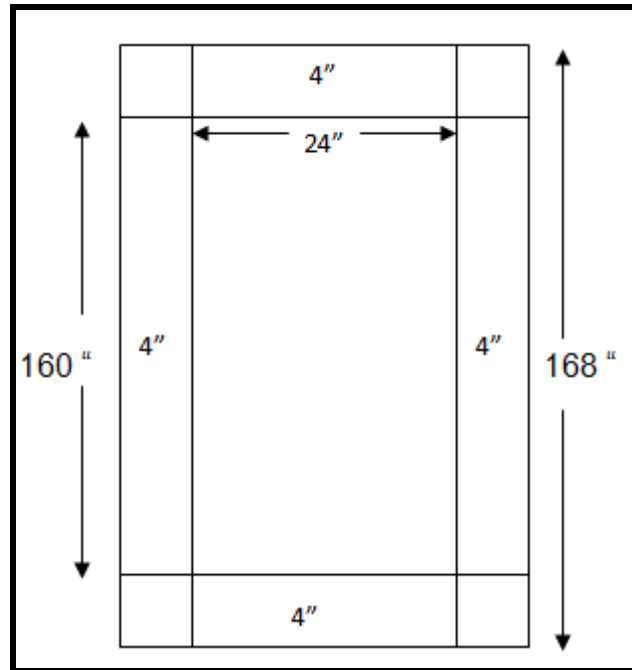
Grado de inclinación:  $15^\circ$

$$x + Y = \frac{10 + (1/3,28)}{\cos 15^\circ} = 10,67 \text{ m de ancho}$$

$$10,67 * 19,05 = 203,26$$

$$A \text{ total} = 203,26 * 2 = 406,53 \text{ m}^2$$

Figura 12. Dimensione de láminas nave 2



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

$$A = 160'' * 24'' = 3\ 840 \text{ pl.}^2 = 2,47 \text{ m}^2$$

No. Láminas =  $203,26 / 2,47 = 82,29$  láminas = 83 láminas

No. De láminas transparentes =  $83 * 20\% = 16,6$  láminas = 17 láminas

Nave 3:

Ancho = 20 m

Largo = 40,69 m

Alto = 8 m

Grado de inclinación:  $15^\circ$

$x + Y = \frac{10 + (1/3,28)}{\cos 15^\circ} = 10,67 \text{ m}$  de ancho

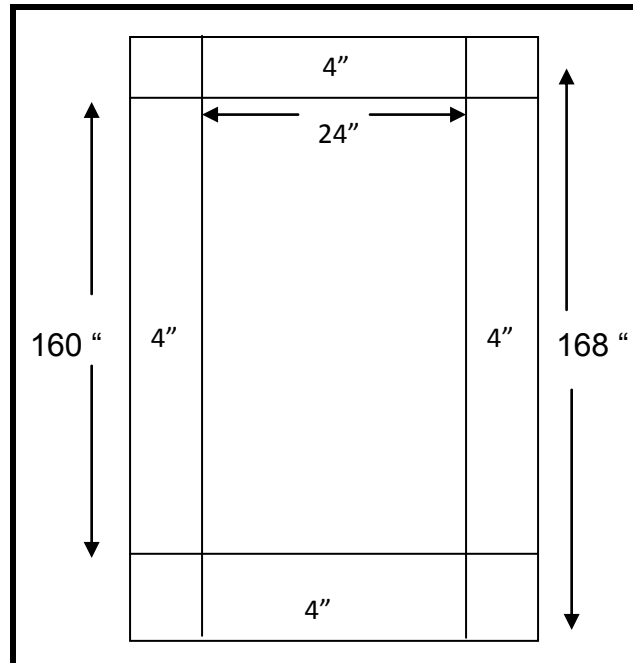
$$\cos 15^\circ$$

$10,67 * 40,69 = 434,16$

A total =  $434,16 * 2 = 868,32 \text{ m}^2$



Figura 13. Dimensiones de lámina nave 3



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

$$A = 160'' * 24'' = 3\,840 \text{ pl.}^2 = 2,47 \text{ m}^2$$

$$\text{No. Láminas} = 434,16 / 2,47 = 175,77 \text{ láminas} = 176 \text{ láminas}$$

$$\text{No. De láminas transparentes} = 176 * 20\% = 35,2 \text{ láminas} = 36 \text{ láminas}$$

Se debe colocar mayor iluminación natural, puesto que actualmente tiene un desempeño regular; por lo que se necesita instalar mas láminas transparentes y brindar al sistema de iluminación natural el mantenimiento adecuado y constante; lo aconsejable es que se cambien las actuales y se coloquen nuevas, así realizar un programa de mantenimiento y recambio al mismo tiempo para que cuando éstas ya no cumplan con su función sean reemplazadas por nuevas y no se estén cambiando en tiempos diferentes ya que esto ocasionaría que no hubiera una iluminación pareja y estándar en las tres naves.

### **3.2.2. Iluminación artificial**

La iluminación artificial se refiere a toda aquella proporcionada por energía eléctrica o cualquier otra fuente de poder que no sea de origen natural como el sol, la iluminación artificial en la industria debe utilizarse preferiblemente solo en la noche para minimizar costos por iluminación y ahorrar energía.

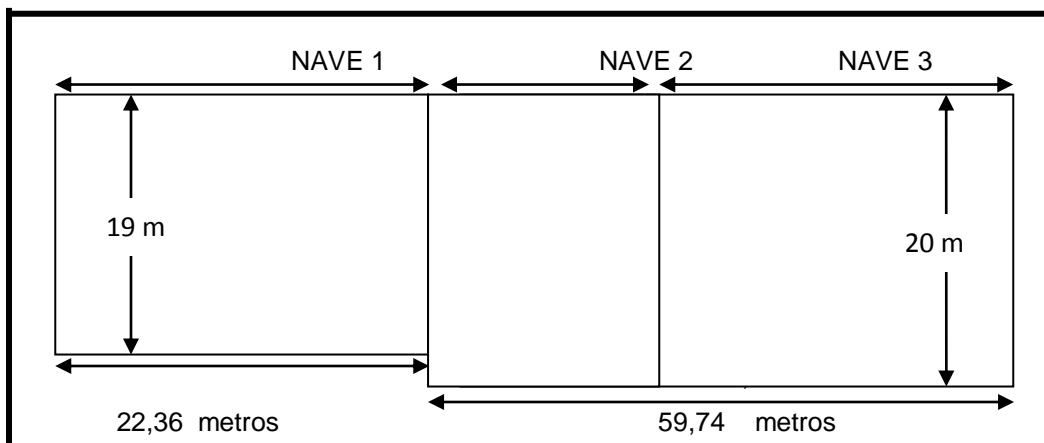
#### **3.2.2.1. Iluminación artificial dentro del Área de Extrusión**

La iluminación artificial es necesaria ya que se tienen dos turnos de trabajo de 12 horas cada uno, turno diurno y turno nocturno, esto por lo que se trabajan las 24 horas al día por lo que se necesita una iluminación adecuada para poder realizar el trabajo de la mejor manera posible con la máxima calidad, esta es una necesidad principalmente para el turno nocturno, puesto que es imperativo que se tenga una buena iluminación en todos los sentidos, sin que ésta sea excesiva; ya que si lo es en lugar de estar beneficiando al operador a realizar su trabajo se estará perjudicando, puesto que si la iluminación es excesiva se tendrá demasiado reflejo y la claridad molestaría a la vista, por lo que en el día se debe de tener una adecuada y eficiente iluminación mixta, es decir, un complemento entre iluminación natural y artificial, y en el turno nocturno una iluminación adecuada para realizar el trabajo.

### 3.2.3. Evaluación del sistema de iluminación por medio del método de cavidad zonal

Existen varios métodos para evaluar el sistema de iluminación con el que cuentan actualmente, el que se implementara para este estudio es el método de evaluación de cavidad zonal el cual es el que se acopla mejor a las características de las instalaciones y del trabajo realizado en dicha empresa.

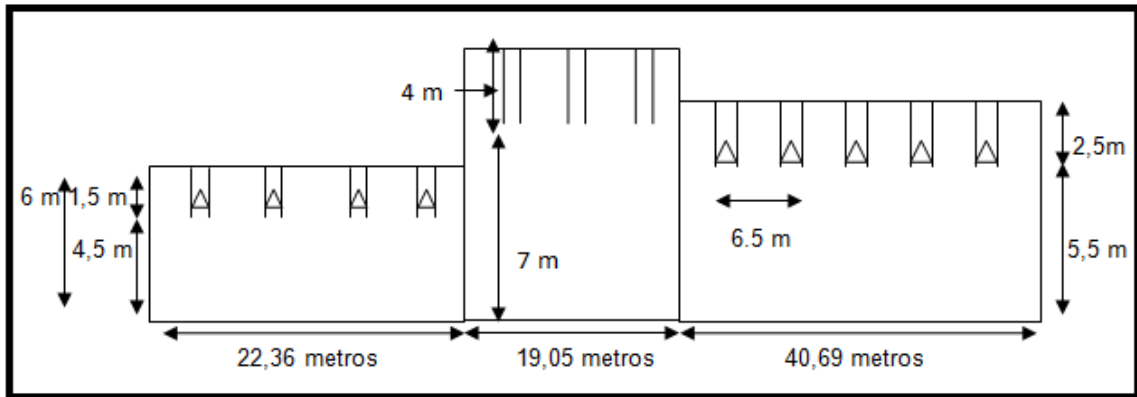
Figura 14. Dimensiones de las naves



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

Vista lateral:

Figura 15. **Distribución y distancia entre luminarias**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

### Iluminación de planta

#### Nave 1

- Área de trabajo = 22,36 metros de largo \* 19 metros de ancho
- Edad de los empleados : 20 – 40 años
- Altura de piso al techo es de 6 metros
- El trabajo se realiza parado. Altura promedio de la maquinaria 1,20 metros
- Mantenimiento de la planta es bueno
- Color de pared, techo y piso es gris claro, blanco, gris respectivamente.
- Se necesita un tipo de iluminación de alumbrado fluorescente directo tipo B.

Paso 1

Pared	→	gris claro	→	73	= P <sub>p</sub>
Techo	→	gris claro	→	73	= P <sub>c</sub>
Piso	→	gris	→	40	= P <sub>f</sub>

Reflectancia alrededor =  $(73 + 73 + 40) / 3 = 62 \%$

Paso 2

Rango de iluminación en Lux

Rango: D      300                      400

Paso 3

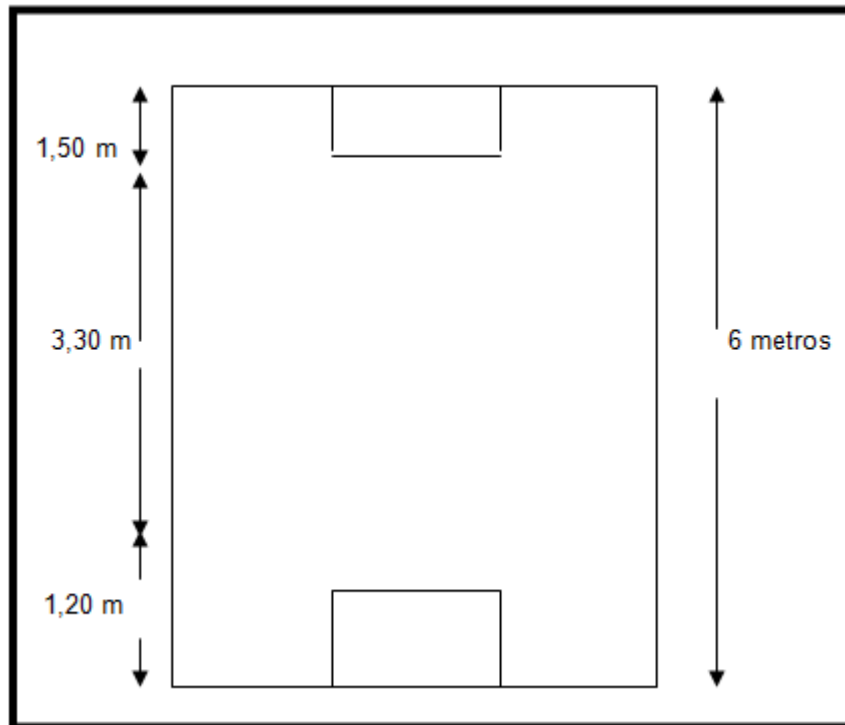
Factor piso

Edad	20 < x < 40	= -1
Velocidad	importante	= 0
Reflectancia alrededor	62	= 0
		<hr/>
		$\Sigma = -1$
		E = 390

Paso 4

Relaciones de cavidad

Figura 16. **Altura de luminaria y área de trabajo**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

$$RCC = \frac{5 * 1,50 (22,36 + 19)}{22,36 * 19} = 0,73$$

$$RCA = \frac{5 * 3,30 (22,36 + 19)}{22,36 * 19} = 1,61$$

$$RCP = \frac{5 * 1,20 (22,36 + 19)}{22,36 * 19} = 0,58$$

Paso 5

Reflectancia efectiva

Cavidad cielo

$P_c \longrightarrow 73$

$P_p \longrightarrow 73$

$RCC \longrightarrow 0,73$

PCC = 75 %

Cavidad piso

P<sub>f</sub> → 40

P<sub>p</sub> → 73

RCP → 0,58

P<sub>CP</sub> = 47 %

PASO 6

Alumbrado fluorescente tipo B

PCC → 73

P<sub>p</sub> → 73

RCA → 1,61

PCC = 80

Tabla VI. Interpolación de Pp/RCA nave 1

Pp / RCA	73	70	50
1,61	X		
2	Y	0,67	0,63
3	Z	0,62	0,57

Fuente: elaboración propia.

Interpolando entre los valores para hallar X, Y y Z.

73    70    50

Y    0,67    0,63

$$Y = \frac{(73 - 70)(0,67 - 0,63)}{70 - 50} + 0,67 = 0,676$$

73    70    50

Z    0,62    0,57

$$Z = \frac{(73 - 70)(0,62 - 0,57)}{70 - 50} + 0,62 = 0,6275$$

1,31    2    3

X    0,67    0,62

$$X = \frac{(1,61 - 2)(0,676 - 0,6275)}{2 - 3} + 0,676 = 0,694915$$

Como  $PCP > 20$  se encuentra el factor de corrección

$$47 - 20 = 27$$

$$PCC = 73$$

$$PP = 73$$

$$RCA = 1,61$$

Tabla VII. **Interpolación para factor de corrección de nave 1**

Pp / RCA	73	70	50
1,61	X		
2	Y	1,08	1,07
3	Z	1,07	1,05

Fuente: elaboración propia.

$$1,61 \quad X$$

$$2 \quad Y \quad 1,08 \quad 1,071$$

$$3 \quad Z \quad 1,07 \quad 1,05$$

$$73 \quad 70 \quad 50$$

$$Y \quad 1,08 \quad 1,07$$

$$Y = \frac{(73 - 70)(1,08 - 1,07)}{70 - 50} + 1,08 = 1,0815$$

$$73 \quad 70 \quad 50$$

$$Z \quad 1,07 \quad 1,05$$

$$Z = \frac{(73 - 70)(1,07 - 1,05)}{70 - 50} + 1,07 = 1,073$$

$$1,61 \quad 2 \quad 3$$

$$X \quad 1,081 \quad 1,073$$

$$X = \frac{(1,61 - 2)(1,0815 - 1,073)}{2 - 3} + 1,0815 = 1,084815$$

$$K = 0,694915 * 1,084815 = 0,75385$$



Paso 7

Flujo lumínico

$$\Phi = \frac{E * S}{K * K'}$$

$$K * K'$$

$$K' = 0,7$$

$$S = 424,84 \text{ m}^2$$

$$\Phi = \frac{390 * 424,84}{0,75385 * 0,70} = 313\,983,6459 \text{ Lúmenes}$$

Paso 8

Espaciamiento máximo entre lámparas

$$\text{Espaciamiento máximo} = 1,25 * 3,30 = 4,125 \text{ m.}$$

Paso 9

Distribución lámparas

$$\text{Largo } 22,36 / 4,125 = 5,42 = 5$$

$$\text{Ancho } 19 / 4,125 = 4,606 = 4$$

$$\text{Número de lámparas} = 5 * 4 = 20 \text{ lámparas}$$

Paso 10

Espaciamiento real

$$\text{Largo } 22,36 / 5 = 4,47 \text{ m}$$

$$\text{Ancho } 19 / 4 = 4,75 \text{ m}$$

Paso 11

Flujo mínimo por lámpara

$$\text{Flujo} = \frac{313\,983,6459}{20} = 15\,699,18$$

20

Se necesitan 20 lámparas distanciadas a lo largo 4,47 metros y 4,75 metros a lo ancho, esto ayudara a mejorar la iluminación en esta nave y se tendrá un mejor desempeño especialmente en el turno nocturno.

### Iluminación planta

#### Nave 2

- Área de trabajo = 19,05 metros de largo \* 20 metros de ancho
- Edad de los empleados : 20 – 40 años
- Altura de piso al techo es de 11 metros
- El trabajo se realiza parado. Altura promedio de la maquinaria 1,20 metros.
- Mantenimiento de la planta es bueno
- Color de pared, techo y piso es gris claro, blanco, rojo respectivamente.
- Se necesita un tipo de iluminación de alumbrado fluorescente directo tipo B.

#### Paso 1

Pared	→	gris claro	→	73	= P <sub>p</sub>
Techo	→	gris claro	→	73	= P <sub>c</sub>
Piso	→	rojo	→	20	= P <sub>f</sub>

$$\text{Reflectancia alrededor} = (73 + 73 + 20) / 3 = 55,33 \%$$

#### Paso 2

Rango de iluminación en Lux

Rango: D      300                      400

#### Paso 3

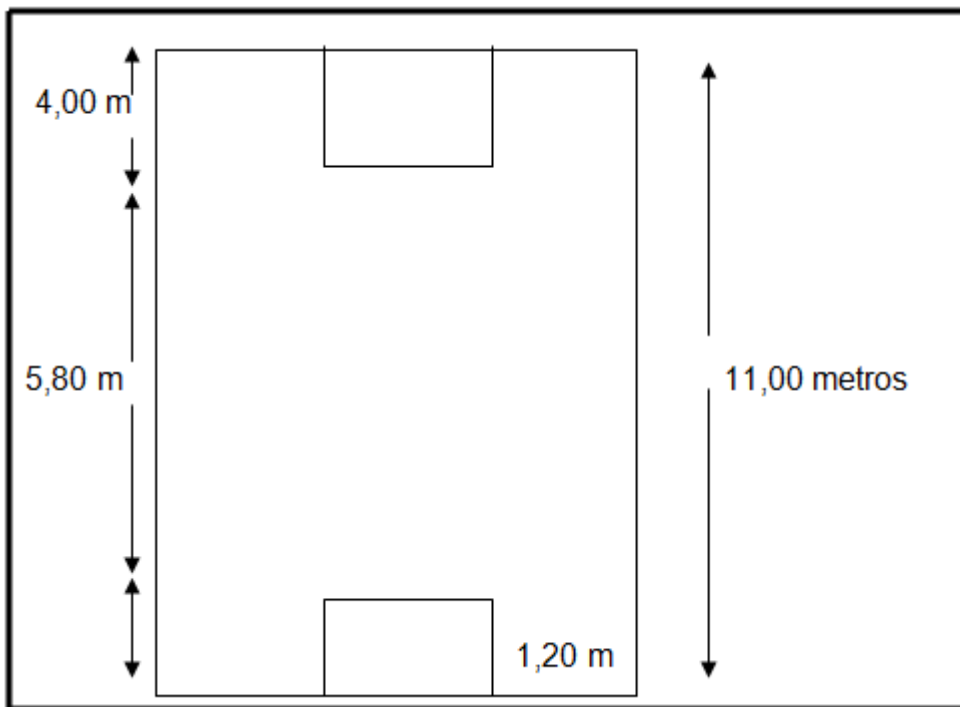
Factor piso

Edad	20 < x < 40	= -1
Velocidad	importante	= 0
Reflectancia alrededor	55,33	<u>= 0</u>
		Σ = -1
		E = 390

Paso 4

Relaciones de cavidad

Figura 17. **Relación de cavidad nave 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

$$RCC = \frac{5 * 4,00 (19,05 + 20)}{19,05 * 20} = 2,05$$

$$RCA = \frac{5 * 5,80 (19,05 + 20)}{19,05 * 20} = 2,97$$

$$RCP = \frac{5 * 1,20 (19,05 + 20)}{19,05 * 19} = 0,61$$

Paso 5

Reflectancia efectiva

Cavidad cielo

$P_c \longrightarrow 73$

$P_p \longrightarrow 73$

$RCC \longrightarrow 2,05$

$PCC = 69 \%$

Cavidad piso

$P_f \longrightarrow 20$

$P_p \longrightarrow 73$

$RCP \longrightarrow 0,61$

$P_{CP} = 29 \%$

Paso 6

Alumbrado fluorescente tipo B

$PCC \longrightarrow 73$

$P_p \longrightarrow 73$

$RCA \longrightarrow 2,97$

$PCC = 65 \%$

Tabla VIII. **Interpolación de Pp/RCA nave 2**

<b>Pp / RCA</b>	73	70	50
2	X	0,67	0,63
2,97	Y		
3	Z	0,62	0,57

Fuente: elaboración propia.

Interpolando entre los valores para hallar X, Y y Z.

73    70    50

$$X = \frac{(73 - 70)(0,67 - 0,63)}{70 - 50} + 0,67 = 0,676$$

73    70    50

$$Z = \frac{(73 - 70)(0,62 - 0,57)}{70 - 50} + 0,62 = 0,6275$$

2    2,97    3

$$Y = \frac{(2,97 - 2)(0,676 - 0,6275)}{2 - 3} + 0,676 = 0,628955$$

Como PCP > 20 encontramos el factor de corrección

$$29 - 20 = 9$$

$$PCC = 73$$

$$PP = 73$$

$$RCA = 2,97$$

Tabla IX. **Interpolación para factor de corrección de nave 2**

Pp / RCA	73	70	50
2	X	1,08	1,07
2,97	Y		
3	Z	1,07	1,05

Fuente: elaboración propia.

2    X    1,08    1,071

2,97    Y

3    Z    1,07    1,05

$$\begin{array}{r}
 73 \quad 70 \quad 50 \\
 X \quad 1,08 \quad 1,07 \quad X = \frac{(73 - 70)(1,08 - 1,07)}{70 - 50} + 1,08 = 1,0815
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 73 \quad 70 \quad 50 \\
 Z \quad 1,07 \quad 1,05 \quad Z = \frac{(73 - 70)(1,07 - 1,05)}{70 - 50} + 1,07 = 1,073
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 2,97 \quad 2 \quad 3 \\
 Y \quad 1,081 \quad 1,073 \quad X = \frac{(2,97 - 2)(1,0815 - 1,073)}{2 - 3} + 1,0815 = 1,089745
 \end{array}$$

$$K = 0,628955 * 1,089745 = 0,6854$$

Paso 7

Flujo lumínico

$$\emptyset = \frac{E * S}{K * K'}$$

$$K * K'$$

$$K' = 0,7$$

$$S = 381 \text{ m}^2$$

$$\emptyset = \frac{390 * 381}{0,6854 * 0,70} = 309704,4479 \text{ Lúmenes}$$

Paso 8

Espaciamiento máximo entre lámparas

$$\text{Espaciamiento máximo} = 1,25 * 5,80 = 7,25 \text{ m.}$$

Paso 9

Distribución lámparas

$$\text{Largo } 19,05 / 7,25 = 2,63 = 2$$

$$\text{Ancho } 20 / 7,25 = 2,76 = 2$$

$$\text{Número de lámparas} = 2 * 2 = 4 \text{ lámparas}$$

Paso 10

Espaciamiento real

Largo  $19,05 / 2 = 9,525$  m

Ancho  $20 / 2 = 10$  m

Paso 11

Flujo mínimo por lámpara

Flujo =  $\frac{309\ 704,4479}{4} = 77\ 426,11$

4

Se necesitan 20 lámparas distanciadas a lo largo 9,52 metros y 10 metros a lo ancho, esto ayudara a mejorar la iluminación en esta nave y se tendrá un mejor desempeño especialmente en el turno nocturno

Iluminación planta

Nave 3

- Área de trabajo = 40,69 metros de largo \* 20 metros de ancho
- Edad de los empleados : 20 – 40 años
- Altura de piso al techo es de 8 metros
- El trabajo se realiza parado. Altura promedio de la maquinaria 1,20 metros
- Mantenimiento de la planta es bueno
- Color de pared, techo y piso es gris claro, blanco, rojo respectivamente.
- Se necesita un tipo de iluminación de alumbrado fluorescente directo tipo B

Paso 1

Pared	→	gris claro	→	73	= P <sub>p</sub>
Techo	→	gris claro	→	73	= P <sub>c</sub>
Piso	→	rojo	→	20	= P <sub>f</sub>

$$\text{Reflectancia alrededor} = (73 + 73 + 20) / 3 = 55,33 \%$$

Paso 2

Rango de iluminación en Lux

Rango: D      300                      400

Paso 3

Factor piso

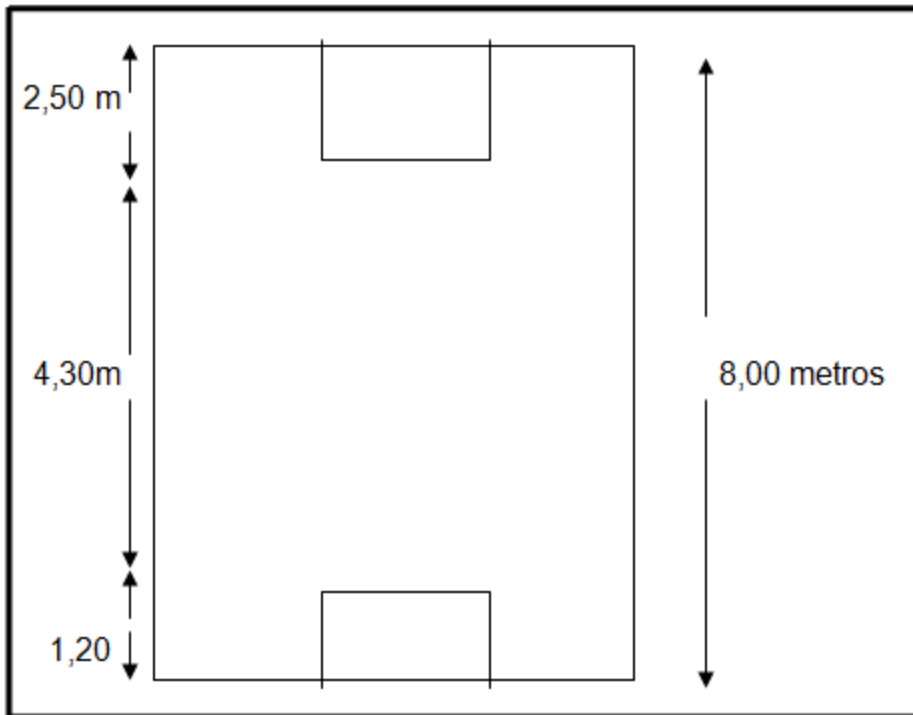
Edad	20 < x < 40	= -1
Velocidad	importante	= 0
Reflectancia alrededor	55,33	<u>= 0</u>
		Σ = -1
		E = 390

Paso 4

Relaciones de cavidad



Figura 18. Relación de cavidad nave 2



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

$$RCC = \frac{5 * 2,5 (40,69 + 20)}{40,69 * 20} = 0,93$$

$$RCA = \frac{5 * 4,30 (40,69 + 20)}{40,69 * 20} = 1,60$$

$$RCP = \frac{5 * 1,20 (40,69 + 20)}{40,69 * 19} = 0,45$$

Paso 5

Reflectancia efectiva

Cavidad cielo

$P_c \longrightarrow 73 \longrightarrow P_p 73 \longrightarrow RCC 0,93$

$$PCC = 74 \%$$

Cavidad piso

$$P_f \longrightarrow 20$$

$$P_p \longrightarrow 73$$

$$RCP \longrightarrow 0,61$$

$$P_{CP} = 29 \%$$

Paso 6

Alumbrado fluorescente tipo B

$$PCC \longrightarrow 73$$

$$P_p \longrightarrow 73$$

$$RCA \longrightarrow 1,60$$

$$PCC = 71 \%$$

Tabla X. Interpolación de Pp/RCA nave 3

Pp / RCA	73	70	50
1,60	X		
2	Y	0,67	0,63
3	Z	0,62	0,57

Fuente: elaboración propia.

Interpolando entre los valores para hallar X, Y y Z.

$$73 \quad 70 \quad 50$$

$$Y \quad 0,67 \quad 0,63$$

$$Y = \frac{(73 - 70) (0,67 - 0,63)}{70 - 50} + 0,67 = 0,676$$

$$73 \quad 70 \quad 50$$

$$Z \quad 0,62 \quad 0,57$$

$$Z = \frac{(73 - 70) (0,62 - 0,57)}{70 - 50} + 0,62 = 0,6275$$

$$1,31 \quad 2 \quad 3$$

$$X \quad 0,67 \quad 0,62$$

$$X = \frac{(1,60 - 2) (0,676 - 0,6275)}{2 - 3} + 0,676 = 0,6954$$

Como  $PCP > 20$  encontramos el factor de corrección

$$29 - 20 = 9$$

$$PCC = 73$$

$$PP = 73$$

$$RCA = 1,60$$

Tabla XI. Interpolación para factor de corrección de nave 3

Pp	I	73	70	50
RCA				
1,60	X			
2	Y	1,08	1,07	
3	Z	1,07	1,05	

Fuente: elaboración propia.

$$1,60 \quad X$$

$$2 \quad Y \quad 1,08 \quad 1,071$$

$$3 \quad Z \quad 1,07 \quad 1,05$$

$$73 \quad 70 \quad 50$$

$$Y \quad 1,08 \quad 1,07 \quad Y = \frac{(73 - 70)(1,08 - 1,07)}{70 - 50} + 1,08 = 1,0815$$

$$73 \quad 70 \quad 50$$

$$Z \quad 1,07 \quad 1,05 \quad Z = \frac{(73 - 70)(1,07 - 1,05)}{70 - 50} + 1,07 = 1,073$$

$$1,61 \quad 2 \quad 3$$

$$X \quad 1,081 \quad 1,073 \quad X = \frac{(1,60 - 2)(1,0815 - 1,073)}{2 - 3} + 1,0815 = 1,0849$$

$$K = 0,6954 * 1,0849 = 0,7529$$

Paso 7

Flujo lumínico

$$\Phi = \frac{E * S}{K * K'}$$

$$K * K'$$

$$K' = 0,7$$

$$S = 813,8 \text{ m}^2$$

$$\Phi = \frac{390 * 813,80}{0,7529 * 0,70} = 602\,208,60 \text{ Lúmenes}$$

Paso 8

Espaciamiento máximo entre lámparas

$$\text{Espaciamiento máximo} = 1,25 * 4,30 = 5,38 \text{ m.}$$

Paso 9

Distribución lámparas

$$\text{Largo } 40,69 / 5,38 = 7,56 = 7$$

$$\text{Ancho } 20 / 5,38 = 3,72 = 3$$

$$\text{Número de lámparas} = 7 * 3 = 21 \text{ lámparas}$$

Paso 10

Espaciamiento real

$$\text{Largo } 40,69 / 7 = 5,81 \text{ m}$$

$$\text{Ancho } 20 / 3 = 6,67$$

Paso 11

Flujo mínimo por lámpara

$$\text{Flujo} = \frac{309\,704,4479}{4} = 77\,426,11$$

4

Se necesitan 20 lámparas distanciadas a lo largo 4,47 metros y 4,75 metros a lo ancho, esto ayudará a mejorar la iluminación en esta nave y se tendrá un mejor desempeño especialmente en el turno nocturno.

### **3.2.3.1. Tipo de luminaria utilizada**

Las luminarias utilizadas son del tipo colgantes con bulbo incandescente, con una potencia de 400 W y multivoltaje de 16 pulgadas de diametro este tipo de luminaria es la más utilizada en bodegas y naves de producción que tengan amplias dimensiones como se explicó en el capítulo anterior.

Acontinuación se presenta la ficha técnica de la luminaria utilizada en el área de extrusión.

Figura 19. Ficha técnica de la luminaria utilizada



**ILCO**  
Iluminación Continental

## Alta Descarga



**Código LUX-002**

**Especificaciones**

**Lámpara High Bay-Reflector de aluminio de 16" 400W-multivoltaje**

- High Bay arriba de 6 mts.
- Balastro Ipp Luxite
- Balastro Multivoltaje (120V/230V/240V/277V)
- 400W base MOGUL, ED37 Metal Halide
- Para áreas interiores.
- Aluminio super resistente y anodizado
- 16" de diámetro
- Repuesto tubo código LUX-111

**Aplicaciones**

- Fábricas
- Bodegas
- Tiendas tipo bodegas
- Estructuras amplias
- Supermercados
- Vitrinas, etc.



**Dimensiones**



**Curva fotométrica**



**PROPIEDADES DE LA LUMINARIA**

- Número de lámparas ..... 1
- Lúmenes por lámpara ..... 36000
- Simetría ..... Acimutal
- Tipo de fotometría ..... Tipo C
- Forma del área luminosa ..... Círculo orientación del eje Z
- Unidades ..... Pas

**DIMENSION LUMINOSA**

- Eje 0-180 ..... 1.330
- Eje 90-270 ..... 1.330
- Altura ..... 2.160




Fuente: Manual y catálogo de lámparas ILCO.

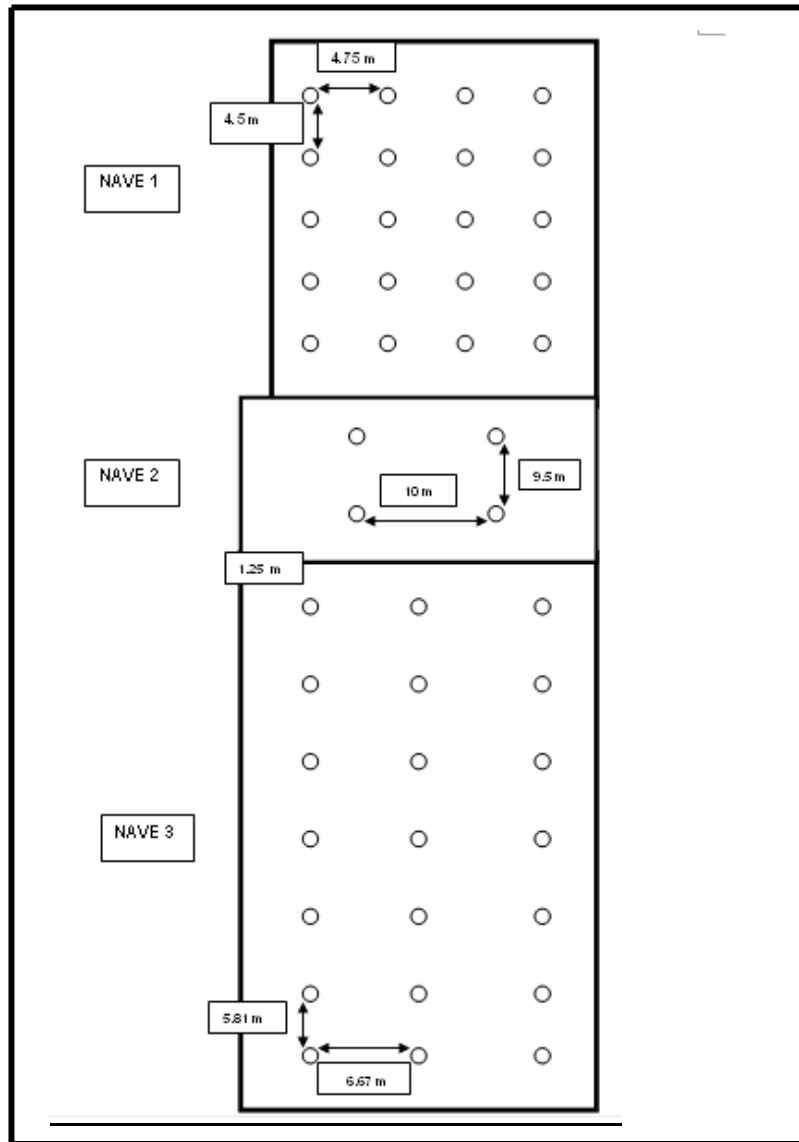
### **3.2.3.2. Diseño de la distribución de lámparas**

La distribución de las luminarias dentro de la empresa aplicando los resultados obtenidos en el estudio por el Método de Cavidad Zonal, en lo que respecta a las tres naves, estos resultados y su distribución son ejemplificados más adelante.

A esta distribución se le deben de realizar algunos cambios debido a que la altura de las extrusoras en las tres naves ocasionan problemas, ya que son altas y colocar una luminaria en esta área no sería adecuado por varios motivos uno de ellos y el más importante sería que el arco ó abanico de iluminación de esta lámpara quedaría sobre la extrusora y sería desperdiciar energía, por lo que el diseño de la distribución adecuada de las luminarias dentro de cada una de las naves industriales se muestra en la imagen 12 más adelante.

Las luminarias que fueron omitidas en la distribución fueron compensadas con la iluminación en cada nivel de las extrusoras para que los colaboradores tengan las condiciones necesarias para trabajar.

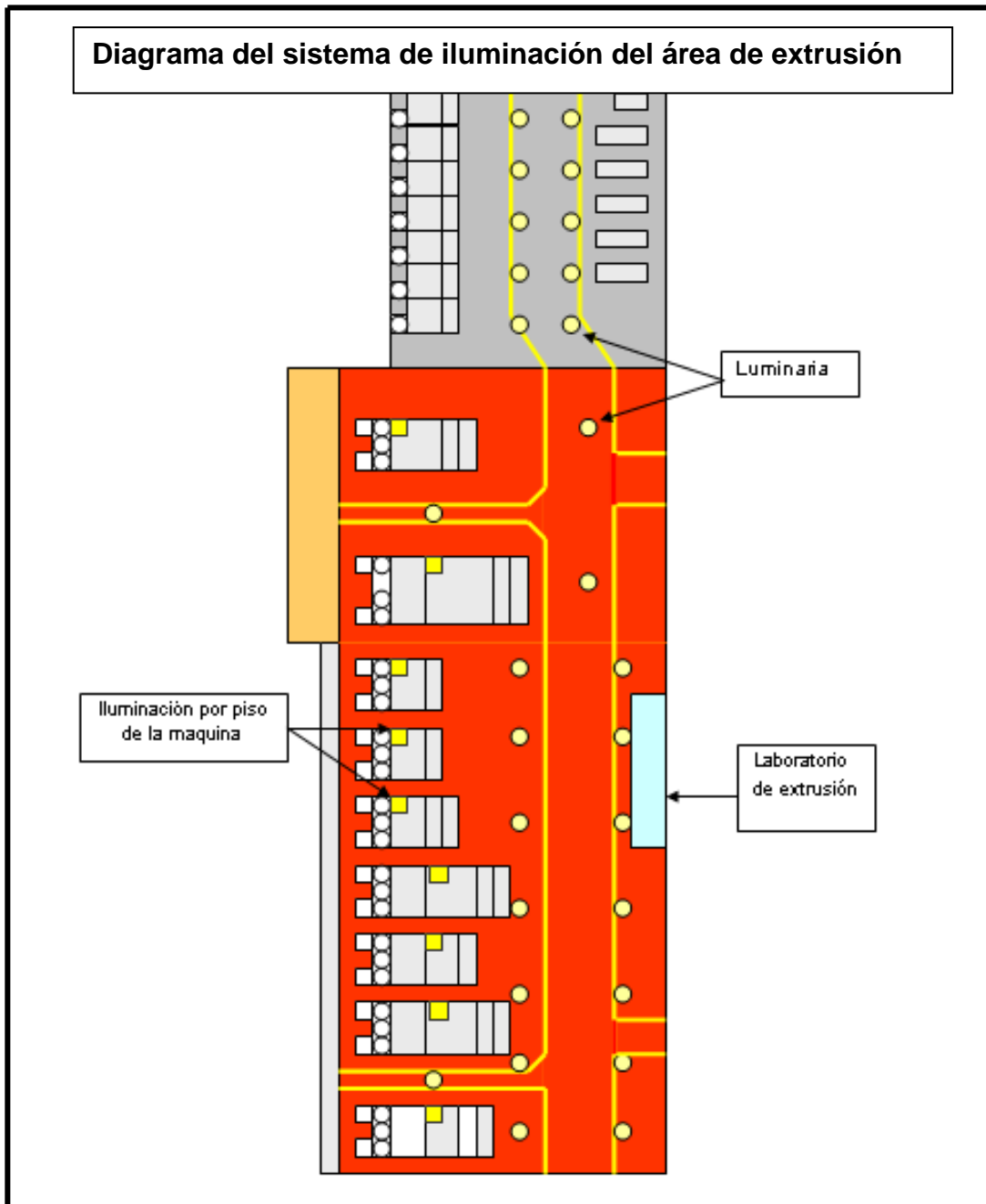
Figura 20. **Distribución de las luminarias según el Método de Cavidad Zonal**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.



Figura 21. Distribución del nuevo sistema de iluminación artificial



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

Según el método de cavidad zonal se tiene una distribución en toda la área de trabajo, el inconveniente es que la altura de las máquinas extrusoras no permite que se coloquen las luminarias en la parte donde se encuentran estas máquinas; por lo que se recomienda tener iluminación individual por máquina en cada uno de los niveles, de manera que el diagrama con el nuevo sistema de luminarias queda de la siguiente manera:

Por la distribución y por que la planta trabaja 2 turnos, turno diurno y turno nocturno, se hace necesario tener una iluminación en los pasillos por lo tanto se colocara una lámpara de las mismas características para que alumbre el pasillo peatonal y salidas de emergencias; ya que estos están situados en medio de las máquinas extrusoras y no tienen la iluminación necesaria desde el pasillo principal; por lo que se instalarán dichas luminarias en estas áreas, esto por cuestiones de seguridad, ya que en estos pasillos no se llevan a cabo ningún tipo de trabajo.

Las luminarias que se instalaran en las máquinas extrusoras deben ser lámparas fluorescentes de 2 tubos de 85 W cada uno, en cada uno de los lados de la máquina y por cada nivel, el número de lámparas dependerá de los niveles que tengan las extrusoras, y los apagadores deberán ser colocados en las escaleras para que se puedan prender antes de ingresar al nivel en cuestión.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

Los proyectos de iluminación y ventilación en el área de extrusión de plásticos son indispensables por lo que es necesario llevarlos a cabo, ambos proyectos son independientes uno del otro, lo cual es favorable porque la realización de los proyectos se pueden hacer al mismo tiempo o en épocas distintas, pero el objetivo es realizarlos al mismo tiempo para que se cree la atmósfera y ambiente de trabajo idóneos para realizar las actividades diarias de cada uno de los colaboradores.

El tiempo de ejecución de los proyectos es indiferente como ya se menciono, estas dos posibilidades dependen de la disposición que se tenga en las áreas de trabajo, al igual que se puede trabajar por nave pero esto no es recomendable en el sistema de ventilación en la parte inferior de las naves, porque todo el sistema esta conectado y es preferible que se trabaje de forma completa en lo que se refiere a la introducción de aire fresco o del medio ambiente exterior hacia el interior de las naves, en lo que se respecta a la parte superior no hay ningún problema en trabajar al mismo tiempo con el sistema de iluminación y en esta parte si se puede trabajar por naves.

La instalación del sistema de ventilación en su totalidad o por lo menos la instalación de los extractores de aire se debe de realizar en época de verano esto para evitar las lluvias, debido a que se tiene que perforar el techo para poder colocar los extractores y la mayor parte del trabajo se debe de realizar en la parte externa de las naves. Este sistema es indispensable por lo que debe de ser el primero de los sistemas en implementarse, en caso se trabajaran de forma independiente los proyectos, otro de los motivos de que el sistema de

ventilación sea el primer proyecto en realizarse es por las altas temperaturas que se llegan a tener dentro de las naves (ver capítulo 3) especialmente en el verano, pero también es el que mayor tiempo se llevará para su implementación, esto a causa de que se deben de realizar trabajos como el de cortar y retirar el piso, donde se colocarán los ductos de ventilación.

El sistema de iluminación por nivel de las máquinas, es debido a que en estas áreas es donde se necesita una mejor calidad de iluminación por el tipo de trabajo que se realiza como revisión de pedidos, tipo de plástico, mediciones, etc., al igual que en estas áreas trabajan los mecánicos de mantenimiento para reparar cualquier imperfección que se presente en las máquinas.

Los nuevos sistemas llevan un proceso en el cual el tiempo es factor clave principalmente en el sistema de ventilación, ya que este es de mayor complejidad y afectaría a la producción. El sistema de iluminación es más factible de implementar, ya que es en la parte superior e interna de las naves.

Hay dos opciones de llevar a cabo los proyectos una es que el mismo equipo de mantenimiento realice el trabajo o que se contrate una empresa especializada para realizar los proyectos, estas deben ser evaluadas por Gerencia General tomando en cuenta a los siguientes factores:

- Costos
- Seguridad
- Tiempo
- Disponibilidad

Antes de realizar los proyectos se debe de convocar a una junta en la cual se deben de discutir todo lo referente a la implementación de los sistemas, se debe de imponer el reglamento y capacitar a los trabajadores que llevarán a cabo el proyecto y a los colaboradores que trabajan diariamente en esta área, la capacitación debe de contener los siguientes puntos:

- Procedimientos y procesos durante el tiempo que duren los proyectos
- Normas de seguridad industrial
- Procedimiento en caso de emergencia
- Agenda de trabajo
- Disponibilidad de áreas y trabajo
- Otros

Se debe de conformar una comitiva o un grupo de control y seguimiento, el cual debe de estar integrado por las siguientes personas:

- Un miembro del equipo de seguridad industrial
- El encargado de mantenimiento del área
- El jefe del Área de Producción de Extrusión
- Si es externo el trabajo un supervisor de la empresa que realiza los proyectos.

Estos serán los encargados de evaluar, controlar y darle seguimiento a los proyectos tanto en su elaboración como en su funcionamiento.

Las fechas del cronograma dependerán de la autorización y de la decisión que se tome sobre quien realizará los proyectos, independientemente de quien realice los proyectos el orden de proyectos debe de ser el siguiente:

- Parte inferior del proyecto de ventilación (introducción de aire a las naves).
- Parte superior del proyecto de ventilación (colocación de los extractores)
- Sistema de iluminación natural
- Sistema de iluminación artificial

Los primeros tres dependen de las condiciones del medio ambiente porque se necesita trabajar en la parte externa de las naves esto ocasionaría atraso, y en caso de que los trabajos no sean terminados para la época de lluvias, esto significaría tener que dejar parado el trabajo; como alternativa se tiene que si alguno de los tres primeros proyectos no se ha realizado y se tiene la época de invierno muy cerca este se dejaría pendiente y se trabajaría en el último que es el sistema de iluminación artificial el cual no depende de las condiciones climáticas.

Los problemas que se pueden presentar a la hora de la implementación en su mayor parte es por los espacios o distribución de la empresa los más importantes son:

Distribución de áreas:

La disposición que se tiene actualmente en la empresa dificulta mayormente a uno de los proyectos que es el del sistema de ventilación y en lo que se referente al sistema de iluminación lo facilita porque en ves de colocar 5 hileras de luminarias colgantes en el techo solo se deberán de colocar dos hileras, esto debido a la altura de las máquinas extrusoras, las cuales en su mayoría llegan a solamente 1 metro por debajo del techo, lo que hace necesario colocar por nivel las luminarias una en cada uno de los lados teniendo en total 4 luminarias por nivel (estas luminarias se deben de colocar sin importar el

número de luminarias colgantes que se tengan) estas luminarias deben ser con protector y ser lámparas del tipo antiexplosiones para evitar algún tipo de accidente, (esta luminaria debe de ser luz de día o también llamada luz blanca), esta no debe de exceder los 100 watts de potencia para evitar el exceso de energía, luz y que afecte la visión de los colaboradores.

#### Área de maquinaria:

La distribución de las máquinas afecta especialmente al sistema de ventilación, esto debido a que las máquinas no dejan mucho espacio para trabajar en especial en la parte superior de las paredes de cada nave, y se tiene una gran desventaja en la parte trasera de la nave 1 en el sistema subterráneo, porque las máquinas pequeñas están mucho más cerca de la pared que las máquinas de las otras dos naves y también afecta en los inyectores de aire que van a cada una de las máquinas. Como ya se mencionó anteriormente, en el sistema de iluminación aprovecha este tipo de distribución de maquinaria porque se evita colocar hileras de luminarias, lo cual constituye en un ahorro tanto de energía eléctrica como de materiales, tiempo y trabajo.

#### Áreas de trabajo:

En estas áreas es fácil trabajar con el sistema de iluminación, esto porque desde fabrica las máquinas extrusoras traen un sistema de iluminación el cual para el turno diurno esta bien, pero para el turno nocturno o cuando se esta trabajando en el mantenimiento de máquinas es insuficiente, porque solo consta con dos luminarias por lo que es una ventaja para colocar las otras dos, para que los cuatro lados de la máquina estén iluminados por nivel, las dos lámparas que se tienen desde fabrica se aprovecharan para sustraer las líneas que alimentaran o abastecerán la energía eléctrica las dos lámparas adicionales



que se instalarán, por lo que no se tiene mayor problema con la iluminación en las áreas de trabajo.

En lo que respecta al sistema de ventilación se tiene una pequeña desventaja, ya que la inyección de aire hacia las áreas de trabajo donde se tiene que ver el diseño grosor y otras características de la tela plástica, esta área esta ubicada en la parte inferior de la máquina atrás del área de embobinado; por el área de embobinado se presenta el problema, ya que para trabajar en estas líneas de inyección de aire se tiene que parar la máquina, para desmontar la parte de embobinado de la máquina para poder trabajar, esto debido a que la línea de inyección de aire pasa justo por la parte central del embobinado por lo que no se puede realizar el trabajo sin desmontar antes dicha parte de la máquina.

Espacio disponible:

La mayor desventaja que se tiene en el sistema de ventilación en lo que se refiera al espacio, es la parte inferior donde se debe inyectar aire del exterior al interior de las naves, esto por el motivo de que el sistema debe de realizarse de forma subterráneo lo que implica levantar el concreto del piso y realizar zanjas sobre la línea amarilla de precaución que delimita las áreas por donde puede transitar el montacargas, al igual que las líneas de inyección de aire que van directo a las áreas de trabajo donde el espacio disponible es reducido porque aquí se encuentran los cañones extrusores y la mesa de trabajo que es donde se quiere llegar así el operador cuando este trabajando en estas áreas no tenga tanto problema con la temperatura alta (en el área de cañones cuando se les este realizando mantenimiento o se hagan inspecciones de presiones y temperaturas).

El espacio disponible en la parte superior de las naves varia según el área donde se desee trabajar por lo general no hay ningún problema, al trabajar en la parte exterior de las naves como lo es el sistema de ventilación superior el problema sería la conexión de los ventiladores pero en lo demás el espacio es suficiente para trabajar.

En la iluminación no se cuenta con ningún problema con el espacio, un factor que ocasionaría problema sería la libre locomoción del montacargas por los andamios que se deben colocar dentro de las naves para cambiar de posición las luminarias actuales y agregar las otras que hacen falta.

#### **4.1. Ventilación**

El proyecto del sistema de ventilación se debe de llevar a cabo durante la época del verano, esto por la razón que gran parte del proyecto se necesita trabajar en la parte exterior de las naves, el sistema comprende de dos subsistemas, de los cuales uno es en la parte inferior de las naves que comprende la introducción o renovación de aire a las naves y el otro es en la parte superior donde van instalados los extractores y ventiladores. Se debe de trabajar por equipos para tener un mejor control y seguimiento de los proyectos, estos equipos deben de estar debidamente identificados y registrados por la comisión de control y seguimiento.

Se deberá de seguir el cronograma y el orden de los trabajos por lo que los trabajos de ventilación se llevaran a cabo de primero, el motivo es porque este es el sistema que más urge implementar por las temperaturas altas que se manejan, se debe tener cuidado al realizar este proyecto porque se estará trabajando en época de verano y las temperaturas serán altas como se demostró en el capítulo anterior.

#### **4.1.1. Sistema de ventilación artificial**

El sistema de ventilación artificial comprende de aire acondicionado o maquinaria que crean un ambiente templado dentro de las naves en especial en el área de laboratorios y oficinas, estas dos últimas es donde es recomendable utilizar este tipo de ventilación la cual se tiene actualmente pero se debe ver si con las mejoras en la ventilación natural se puede eliminar y depender únicamente de la ventilación natural, con esto se reducirían los gastos de energía eléctrica que se tienen actualmente.

Donde se debe de colocar este tipo de ventilación y que actualmente tiene un sistema de aire acondicionado muy antiguo es en el laboratorio de extrusión y en las oficinas de esta área, colocar un sistema más eficiente y ahorrador de energía, se deben crear reglamentos que restrinjan también el uso de estos sistemas, ya que se encuentran encendidos durante todo el día aunque no este ninguna persona en las oficinas o laboratorios.

#### **4.1.2. Distribución del sistema de ventilación**

En la distribución del sistema de ventilación artificial no hay mucho que hacer ya que se cuenta con un sistema por oficina las cuales se encuentran una arriba de la otra, la oficina del jefe de Área de Producción de Extrusión se encuentran ubicados en el segundo piso arriba de los laboratorios.

#### **4.1.3. Sistema de filtrado de aire**

Se debe de tener cuidado con cualquier contaminante que pueda ingresar a las instalaciones del laboratorio ya que aquí se encuentran equipos especiales que tienen una calibración exacta y si algún contaminante entra a

esta área puede ocasionar alguna lectura errónea que afectaría directamente a la calidad del producto final que llega al cliente.

El filtrado se hace a través de filtros que vienen instalados en los equipos de aire acondicionado los cuales se deben de limpiar y cambiar cada cierto tiempo esto depende de las recomendaciones del proveedor.

#### **4.1.4. Implementación de extractores de calor**

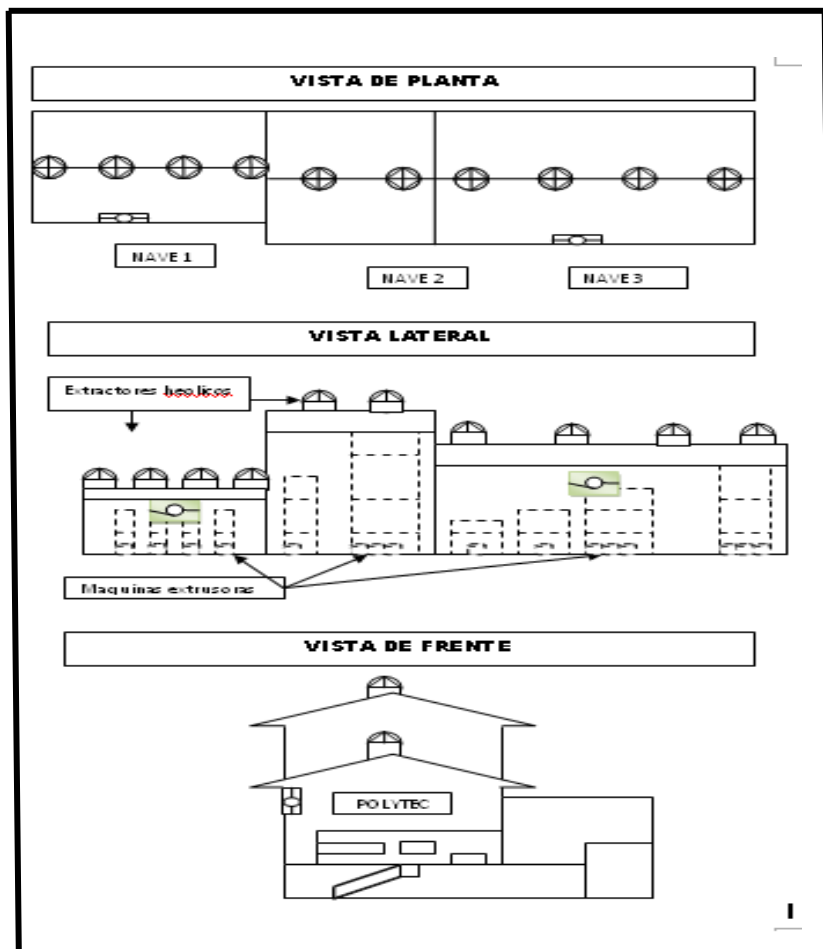
Los extractores de calor se utilizaran para extraer el calor contenido en el aire dentro de cada nave renovando cada cierto tiempo el aire que se encuentra adentro lo cual se logrará por medio de los extractores colocados a lo largo de las naves aprovechando el efecto Venturi y que el aire caliente es desplazado hacia arriba por el aire frio que ingresa a la nave a través del sistema de ventilación.

##### **4.1.4.1. Ubicación de extractores de calor**

Se instalarán 10 extractores de calor tipo eólico, los cuales estarán distribuidos linealmente a todo lo largo de las 3 naves y distribuidos de la siguientes manera: 4 estarán instalados en la nave 3, 2 estará instalado en la nave 2 y 4 estarán instalados en la nave 1, esto complementado con 2 ventilador extractor de aire ubicados en dos de las tres naves con esto se pretende evacuar la mayor parte del calor generado principalmente por las máquinas extrusoras y en menor cantidad por el personal que se encuentra trabajando en las naves, los extractores de aire estarán distribuidos de la siguiente manera: 1 extractores de aire tipo ventilador que estará instalado en la nave 1 y otro en la nave 3 por su extensión y por ser las que almacenan mayor

temperatura y personas trabajando ya que en estas naves se encuentran la mayor parte de máquinas extrusoras.

Figura 22. **Diferentes vistas de la planta**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

#### 4.1.4.2. **Instalación de extractores**

Los extractores de calor van colocados en la parte superior de las naves tanto en las paredes con ventiladores extractores de aire y en el techo con

extractores eolicos, estos dos tipos de extractores serán colocados después de haber terminado los trabajos de introducción de aire a las naves. El número de extractores eólicos es de 10 en total distribuidos en el techo de las naves estos serán colocados 4 en la nave 3, 2 en la nave 2 y 4 en la nave 3 como se mencionó en el punto anterior. El orden de instalación de estos extractores será el siguiente:

- Primero se instalaran los extractores en la nave 1, después se instalaran en la nave 3 y por último se instalará el de la nave 2.
- Después de haber concluido la instalación de los extractores eolicos se procede a instalar los ventiladores en la parte superior de las naves 1 y 3 respectivamente.

#### **4.1.5. Introducción de aire en el Área de Extrusión**

El objetivo es renovar constantemente el aire que existe dentro de la empresa con esto se pretende disminuir la temperatura que impera dentro de las naves, esto se quiere lograr colocando puntos o focos de inyección de aire fresco, los cuales por el diseño de la empresa es muy difícil lograrlo y en especial por la ubicación del Área de Extrusión como se menciona en el capítulo 2. La única forma de lograr esto es por medio de un sistema subterráneo de conductos de aire diseñados según los requerimientos de la empresa, estos focos llegarán a la superficie de las naves a través de rejillas las cuales estarán distribuidas a lo largo de ellas.

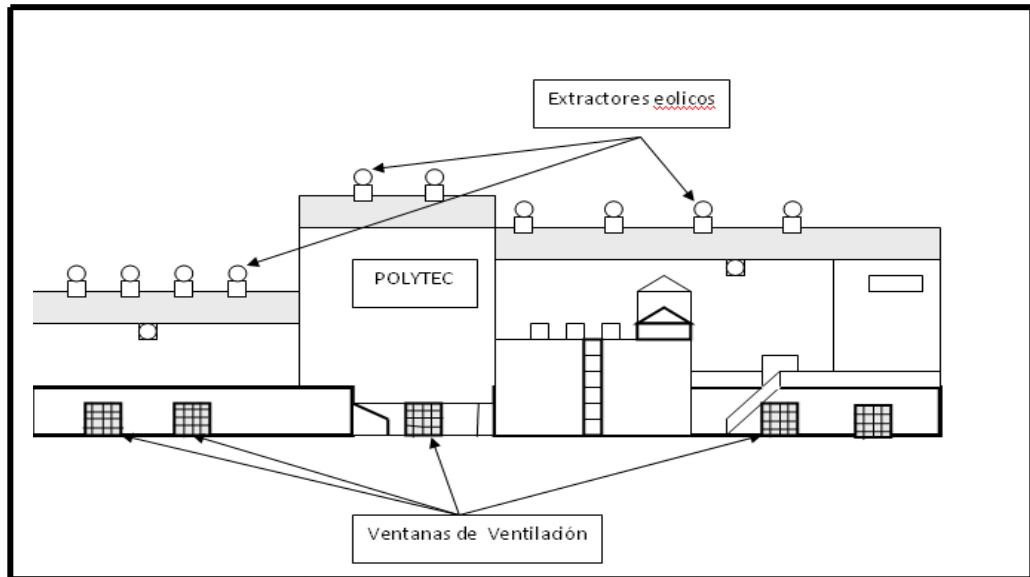
Este sistema consta de 4 ventanas que estarán instaladas en la parte baja del exterior de la planta de producción esto es posible porque las instalaciones de la empresa están a una altura de 2 metros aproximadamente del nivel del suelo, esto da la posibilidad de colocar las ventanas de entrada que son de 1,5

metros de alto en este lugar, estas van colocadas en lugares estratégicos donde no se corre ningún peligro por el peso, ya que este puede hundir o derrumbar el piso. Estas ventanas estarán protegidas por ventanales de barrotes de hierro y un filtro tipo cedazo; el cual servirá para que no puedan ingresar roedores, insectos o algún tipo de contaminación a las naves que pueda ocasionar algún tipo de daño o afecte la calidad del producto.

Para la realización del sistema se tendrá que levantar partes del piso en donde va colocado el sistema de tuberías, las cuales por el diseño será sobre toda la línea amarilla de precaución y de dirección de tráfico del montacargas esto ayudará a que el montacargas no pase sobre las áreas donde se encuentre la tubería y pueda dañar o pueda hundir el piso por el sobrepeso para esto se fundirá una rejilla reforzada en la parte del piso que se levante para evitar hundimientos por sobrepeso en las áreas donde están instaladas las tuberías.

El sistema subterráneo contara con 13 focos principales de inyección de aire, que están distribuidas a lo largo de la franja amarilla de delimitación de áreas, y con 15 focos de inyección de aire secundarios los cuales estarán colocados más cerca de las áreas de trabajo para crear una atmósfera más templada. Uno de los mayores inconvenientes en la implementación es la contaminación que se genera por los trabajos, por tal motivo cuando se este trabajando cerca de una máquina extrusora se deberá de parar la producción en dicha máquina y cubrirla para que todas las partículas o la contaminación que se genere por los trabajos no dañe o genere problemas a las extrusoras, por lo que los trabajos deben de ser lo mas rápidos y eficientes posible para no afectar demasiado la producción, todo el retraso que se tenga en el proyecto afectara directamente a la producción y los costos serán elevados. Se debe comenzar a trabajar de la nave 3 a la 1.

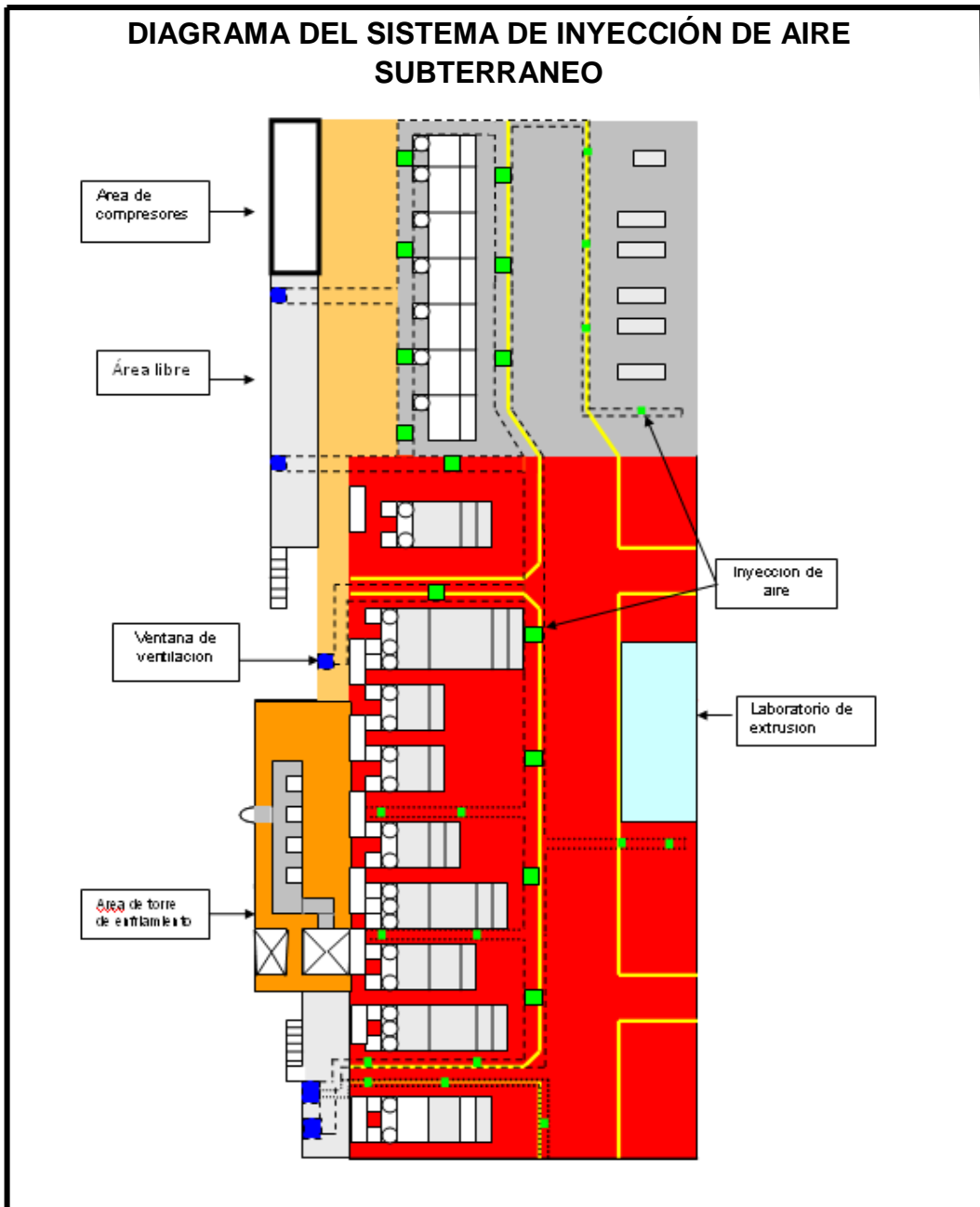
Figura 23. **Distribución de los extractores de aire de la planta de producción**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.



Figura 24. Distribución de las entradas de aire a la planta de producción



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

#### **4.1.5.1. Efectos en la burbuja de extrusión de plásticos**

Los efectos en la burbuja durante los trabajos son negativos, por lo que se debe de parar la producción en las máquinas extrusoras que estén cerca del lugar donde se este trabajando. Esto debido a la contaminación que se genera por los trabajos en especial a la hora de remover las partes del piso que son de cemento; esto se hará con pulidoras por lo que la contaminación por medio de polvo será bastante. Las máquinas extrusoras también se deberán proteger durante el proceso para evitar que los contaminantes como el polvo puedan hacer algún tipo de daño en especial a las piezas móviles como cojinetes, rodamientos, etc.

#### **4.1.6. Mantenimiento preventivo del sistema**

El mantenimiento del sistema es muy importante, ya que de esto depende la vida útil del sistema, hay varios tipos de mantenimiento; los dos más comunes son el correctivo y el preventivo, el que se debe de aplicar al proyecto es el preventivo, el cual pretende disminuir al mínimo el número de fallas del sistema para evitar paros innecesarios por problemas o fallas que pudieron evitarse antes que sucedieran.

##### **4.1.6.1. Sistema de ventilación**

En el sistema de ventilación se debe dar manteniendo a todos los dispositivos que se tengan para mejorar el ambiente de trabajo y hacerlo más fresco, los componentes a los que se les deben de dar mantenimiento son:

- Extractores (ventiladores, extractores eólicos)

- Ductería
- Filtros de aire
- Rejillas de paso de aire

Estos componentes del sistema de ventilación deben de controlarse periódicamente para evitar que se lleguen a dañar o averiar, lo cual se lograra en gran parte si se les da el mantenimiento adecuado a tiempo y constantemente (para mayor información ver el inciso 4.5. de este capítulo).

#### **4.1.6.2. Extractores**

Los extractores deben tener un mantenimiento adecuado, ya que estos son los dos componentes que están en movimiento (ventiladores y extractores eolicos) y necesitan de un mantenimiento mayor. El mantenimiento que se les debe de realizar es el que el proveedor recomiende.

## **4.2. Iluminación**

La instalación y redistribución de la iluminación en el área de extrusión estará dividida en dos partes: La redistribución de luminarias e instalación de lámparas por sectores o por niveles (iluminación artificial) y la redistribución y colocación de láminas transparentes como focos de luz natural (iluminación natural), esta última al igual que la mayor parte del sistema de ventilación se tendrá que realizar durante la época del verano por los mismos motivos que ya se explicaron anteriormente.

#### **4.2.1. Iluminación artificial**

La iluminación artificial estará dividida en dos áreas que serán la redistribución y colocación de las luminarias de techo y la instalación de las lámparas por nivel en cada máquina extrusora, durante este proceso no es necesario detener la producción de las máquinas y se pueden trabajar al mismo tiempo sin ningún problema, el único problema que presenta la mejora de la iluminación artificial es la movilización del montacargas en esta área ya que se verá afectada por los andamios que se utilizaran en la reubicación de las luminarias del techo, por lo que a la hora de trabajar con las luminarias de techo donde se utilizan andamios se deben de delimitar las áreas a trabajar y se deben de señalar como es debido.

Los instaladores de las luminarias de techo deberán de contar con el equipo adecuado para realizar el trabajo en especial el equipo de seguridad para trabajo en alturas, deben de estar debidamente identificados y trabajar interrumpiendo lo menos posible a la producción del área.

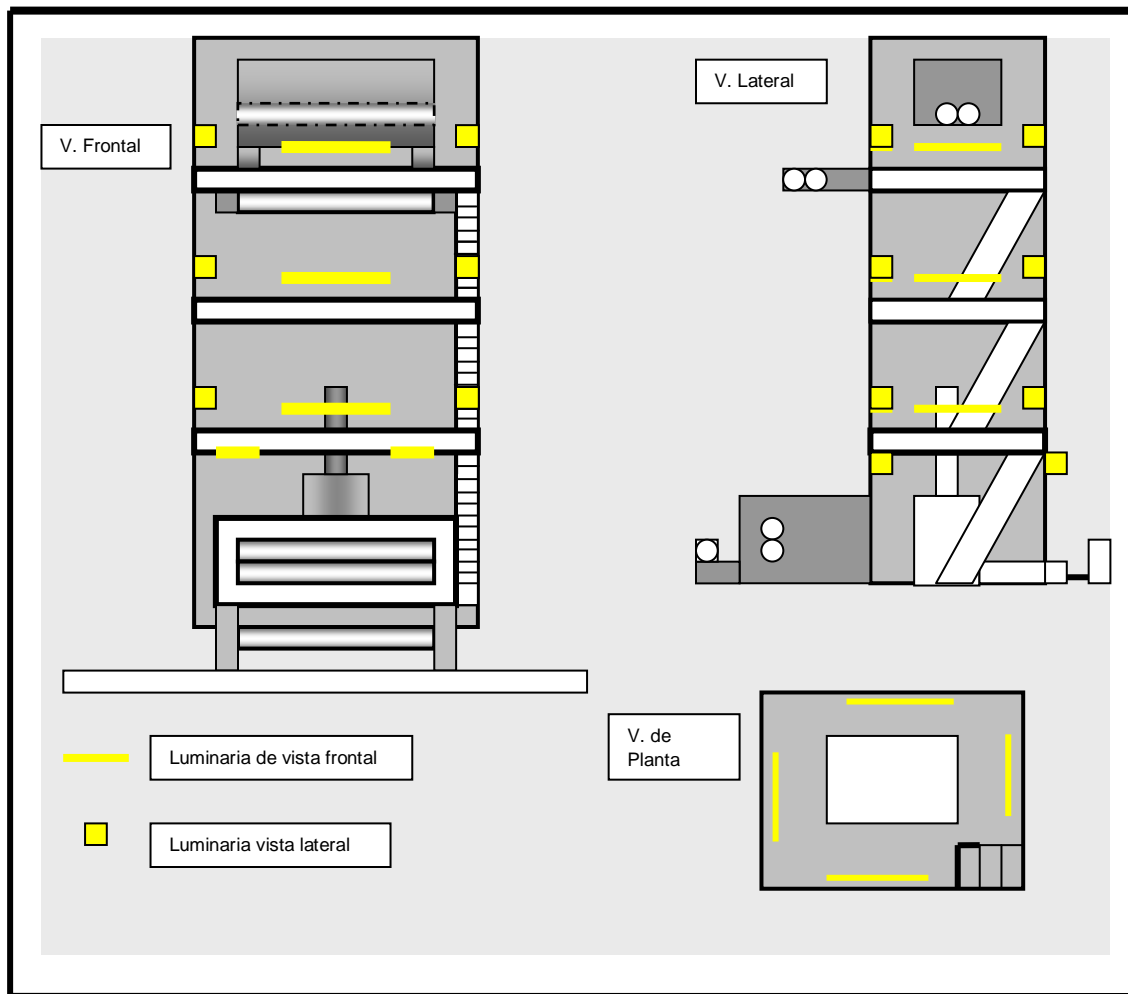
La instalación se hará solamente en turno diurno, en horario de 7:00 a 18:00 horas, primero se deben de realizar todas las conexiones e instalar por lo menos una de las hileras de luminarias cerca de las actuales esto con el objetivo de no afectar al turno nocturno dejándolos con la iluminación suficiente para trabajar.

##### **4.2.1.1. Redistribución de lámparas**

La redistribución de luminarias se debe de realizar tomando en cuenta el cálculo del estudio de iluminación según las naves, este estudio se debe de modificar debido a las dimensiones y áreas disponibles por las máquinas

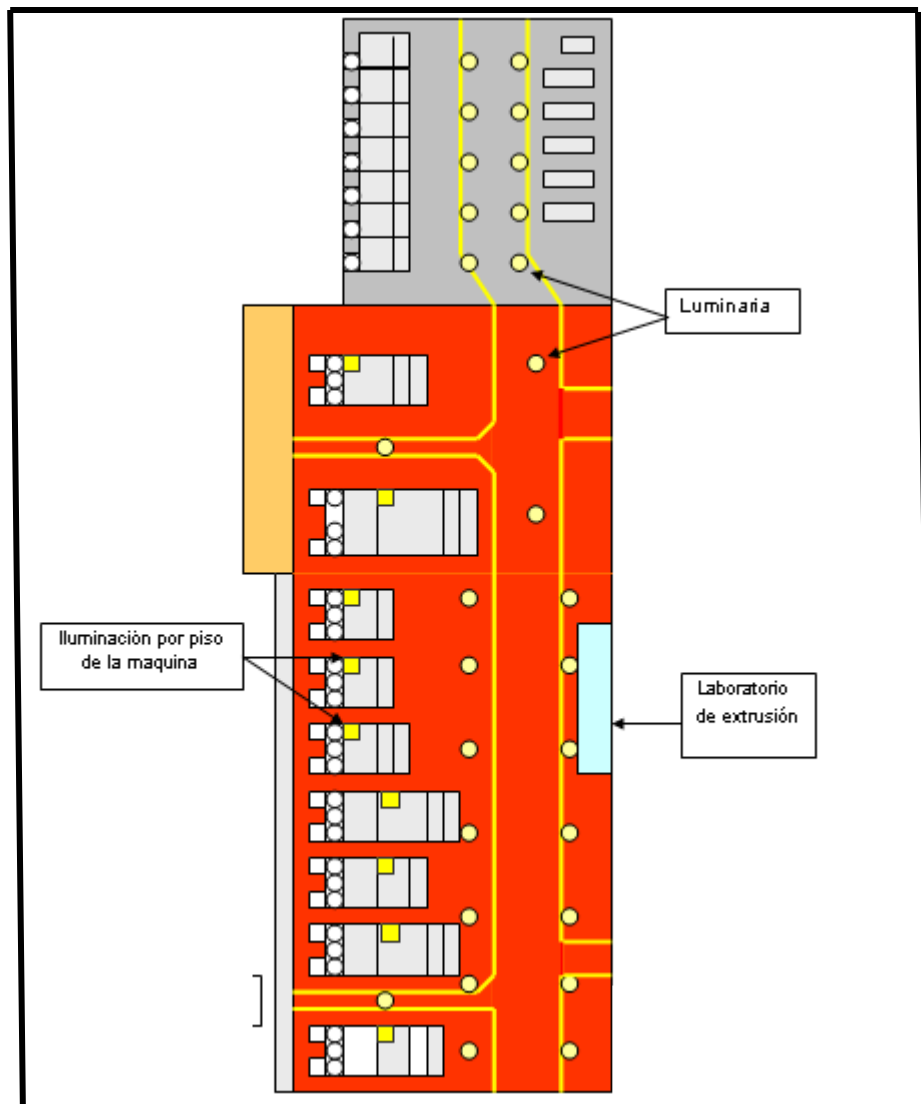
extrusoras y su altura; en especial la altura de las máquinas no deja mucho espacio para la colocación de las luminarias, por lo que no permite que en las áreas donde se encuentran se pueda colocar luminarias en el techo; por tal motivo se complementará con las lámpara en cada uno de los niveles de las máquinas extrusoras, la redistribución de las lámparas quedará de la manera que se muestra en la siguiente imagen:

Figura 25. **Distribución de lámparas en la maquinaria**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

Figura 26. **Redistribución de luminarias de techo**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

Con la nueva distribución de lámparas la cual se muestra en la imagen anterior se pretende mejorar la iluminación que se tiene en el área, por lo que se deben de instalar primero una fila de luminarias para poder desmontar las actuales y poder moverlas hacia su nueva posición, esto con el fin de no afectar al turno nocturno, las otras luminarias de techo que no se colocaran serán

sustituidas por las lámparas en cada uno de los niveles de las máquinas extrusoras, las cuales serán independientes por nivel y el interruptor estará colocado a un lado de las gradas del mismo nivel por seguridad.

#### **4.2.1.2. Instalación de luminarias**

Las luminarias podrán instalarse durante cualquier época del año esto porque es un trabajo que se realiza bajo techo, las conexiones y todo el sistema eléctrico de las nuevas luminarias deberá de realizarse primero para poder desmontar el actual sistema de iluminación por lo que se debe de trabajar por naves afectando lo menos posible a la producción en especial en turno nocturno. Los trabajos deberán de realizarse solamente durante turno diurno de 7:00 a 18:00 horas tanto entre semana como fines de semana.

En la instalación se debe de contar con el equipo adecuado y se debe de delimitar siempre las áreas a trabajar, en las máquinas extrusoras se deberá de tener cuidado en especial de no dañar la burbuja es preferible que cuando se pare la máquina por la instalación del sistema de ventilación se aproveche para poder instalar las lámparas en las máquinas esto para evitar cualquier riesgo tanto físico de los trabajadores como a la burbuja de plástico, esto solo como prevención ya que no tiene ningún problema en que se trabaje en la instalación de esta lámparas con las máquinas extrusoras trabajando. Todas las lámparas deben de ser antiexplosiones esto porque el polvillo que sueltan las máquinas extrusoras al estar trabajando es altamente inflamable por lo que también se deben de limpiarse las estructuras y las máquinas por lo menos cada 3 meses.

#### **4.2.2. Iluminación natural**

Actualmente, la iluminación natural esta provista por láminas transparentes en el techo de las naves y por unas pocas ventanas que se encuentran en la parte superior de las naves. Por lo que el objetivo de la implementación de este sistema es disminuir el uso de iluminación artificial durante el día, según el estudio de iluminación natural por medio del método de techos de dos aguas se tiene que cuentan con un número muy reducido de láminas transparentes y se debe de aumentar este número para tener una mejor iluminación natural dentro de las naves.

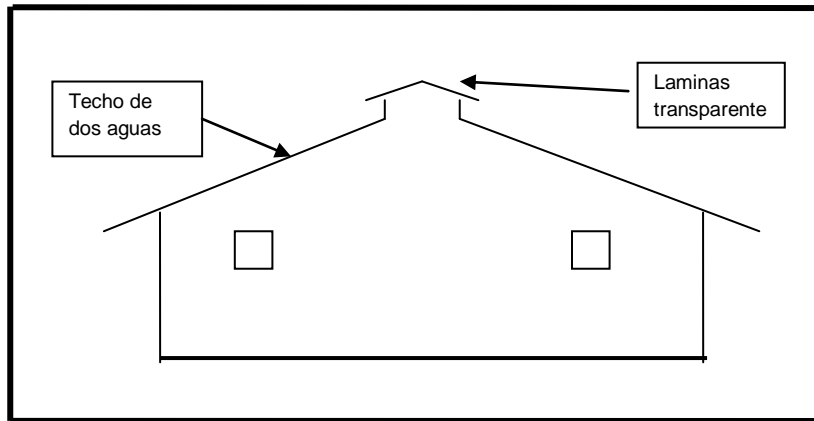
Para aumentar la cantidad de luz natural que ingresa a las naves se debe de evaluar las diferentes opciones que se tienen actualmente en el mercado. La opción más común y viable es la que se esta implementando en la empresa ya es el sistema que representa un menor costo, esta opción hace referencia a las láminas transparentes y ventanas, sin embargo, la cantidad de unidades no es la necesaria para el área.

##### **4.2.2.1. Ubicación de focos de luz natural**

Para aumentar la iluminación natural se necesita aumentar el número actual de láminas transparentes como focos de entrada de la luz solar, para poder lograr esto sin necesidad de remover las láminas actuales se deberán de sustituir solamente las láminas centrales del techo las que se encuentran separadas de las demás colocando en su lugar láminas transparentes.



Figura 27. **Techos de dos aguas**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

Con este diseño se aumentará la iluminación natural en un 20%; el número de ventanas es muy difícil aumentarlo por la ubicación de las naves, la contaminación y los efectos que podría causar el contacto directo de la luz solar en la burbuja.

#### **4.2.3. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento en la iluminación es muy importante cuando se habla de mantenimiento preventivo es cuando se le da a las instalaciones eléctricas en este caso a la iluminación el mantenimiento adecuado y programado para evitar cualquier problema durante la operación que pueda ocasionar pérdidas de tiempo o un accidente.

#### **4.2.3.1. Iluminación artificial**

El mantenimiento preventivo de la iluminación artificial es muy difícil de controlar, esto se debe a que no se puede tener un tiempo estimado de la vida de las luminarias por lo que en este sistema se aplica mejor el mantenimiento correctivo, el cual se llevaría a cabo cuando una luminaria se quemara, la acción correctiva sería cambiarla inmediatamente. La aplicación del mantenimiento preventivo realizaría sobre las pantallas protectoras de las lámparas y luminarias, con el objeto de mantener una buena presentación y evitar que se opaquen o perculan por la suciedad.

#### **4.2.3.2. Iluminación natural**

En la iluminación natural el mantenimiento preventivo en lo que respecta a las láminas transparentes se aplica para que estas no se perculan y tomen el color amarillento característico de este tipo de láminas por la falta de mantenimiento, este tipo de láminas no debe ser fibra de vidrio, por el contrario debe de ser plástica esto para evitar que se erosione tan fácilmente el lado que tiene contacto con la intemperie.

### **4.3. Monitoreo de producción al realizarse los cambios**

El control y el monitoreo durante los trabajos de los proyectos los deben de realizar los departamentos de producción y el de mantenimiento en conjunto esto para que el producto final no tenga ninguna falla producidas por los trabajos realizados. La producción y el producto no debe de ser afectada en lo mas mínimo, esto implica que los trabajos de construcción deben de ser lo más rápido posible para detener las máquinas el menor tiempo posible y con la menor cantidad de contaminantes. Se debe tomar en cuenta que no se pueden

mantener paradas más de dos máquinas extrusoras al mismo tiempo, esto por cuestión del porcentaje de producción y en especial las máquinas extrusoras tricapa; ya que estas son solamente tres y sacan producto que no pueden trabajar en ninguna de las otras extrusoras, puesto que no tienen capacidad para realizarlo, la ventaja es que estas tres máquinas no se encuentran junta en estas máquinas que permanezcan paradas lo deberán compensar con las extrusoras que estén trabajando.

#### **4.4. Manejo y control de tiempos**

El tiempo en la elaboración de los proyectos es muy importante en especial en el sistema de ventilación, por lo que se debe de tener una buena administración y distribución de los tiempos. El control de tiempo se debe de llevar según la programación que se establezca al momento de autorizar el proyecto. Un aspecto importante es determinar quien realizará el proyecto, en caso que una empresa externa sea la responsable del desarrollo del mismo, ésta debe de presentar su cronograma, o si el proyecto lo llevará a cabo por personal interno; por lo que en ambos casos se debe evaluar y proponer fechas límite para realizar los trabajos, es decir, se debe establecer metas que sean claras y definidas; con la finalidad de afectar en menor medida la producción de la empresa y evitar que el proyecto se prolongue hasta la época de invierno y los inconvenientes que esto ocasionaría.

Métodos de control:

Los métodos de control se definirán durante la programación de los proyectos el más importante es el cronograma de actividades, en el cual se debe de incluir cada uno de los procesos de los trabajos a realizar, deben de estar definidos por semana, para que el seguimiento que se le de durante su

elaboración pueda compararse con los resultados semanales que se presenten a gerencia tanto de avances como en cumplimiento de tiempos estipulados en el cronograma. El seguimiento se realizará durante el tiempo que lleve la implementación del proyecto, con el objetivo de evaluar el cumplimiento de los tiempos propuestos, para no afectar la producción y evitar problemas con el medio ambiente externo en tiempo de lluvia.

#### **4.5. Gestión de mantenimiento**

La gestión se refiere a la planificación y administración del mantenimiento de los proyectos cuando estos ya estén en funcionamiento, esto se debe hacer según las especificaciones y recomendaciones de los proveedores. Los plazos y fechas de mantenimiento se deben cumplir sin ningún tipo de problema esto para que los sistemas tengan una vida útil mayor, una de las mayores ventajas es que para realizar el mantenimiento de estos sistemas no es necesario detener la producción; sin embargo, el mantenimiento de los sistemas afecta especialmente el tránsito de los montacargas. El mantenimiento debe realizarse en un tiempo máximo de una semana, este mantenimiento lo llevará a cabo el personal del departamento de mantenimiento de la empresa.

La planificación de mantenimiento se debe de realizar junto con la de los proyectos, esto quiere decir, que el mantenimiento y las fechas de su realización deben de estar listas y programadas al terminar los proyectos, esta calendarización se deberá de distribuir a todas las personas que se vean afectadas por los trabajos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

#### **4.5.1. Preventivo**

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para evitar paros no programados, en este caso no se vería afectada la producción, sin embargo, afectaría el ambiente de trabajo dependiendo del sistema que fallaría. El mantenimiento preventivo se planifica para que los paros afecten en lo más mínimo la producción del área esto debido a que los trabajos están programados y los dos departamentos involucrados deben de cooperar uno con otro para que los trabajos se realicen sin ningún percance o contratiempo en el menor tiempo posible.

Sistema de iluminación: en el sistema de iluminación es muy difícil de programar un mantenimiento ya que estos dependen directamente de la vida útil de las luminarias que pueden ser variables, en especial si aún se tiene una vida útil es muy difícil de manejar, ya que para que se pueda lograr la planificación y el cambio de dichas luminarias se debe de llevar un control exacto del tiempo que están trabajando las luminarias; por lo que es aconsejable que en este caso se utilice mejor el mantenimiento correctivo, lo cual se explicará más adelante. Sin embargo, se puede realizar mantenimiento preventivo a las pantallas para que no se dañen o percudan por la suciedad; y a las bases de las luminarias, para evitar su deterioro, además es necesario realizar la limpieza de estas por presentación y por la cantidad de polvo de fibra de plástico que generan las máquinas extrusoras al estar trabajando.

Sistema de ventilación: en este sistema el mantenimiento preventivo se le debe de realizar a todos los componentes que incluyen:

- Tuberías
- Extractores eólicos
- Ventiladores
- Rejas, filtros

En lo que se refiere a tuberías se debe de realizar una limpieza general por lo menos dos veces al año (cada 6 meses), esto para evitar la acumulación de suciedad, agua y otros contaminantes dentro de ellas. El mantenimiento de los extractores eólicos se debe de programar según las especificaciones de fábrica y las recomendaciones del proveedor, esto también aplica para los ventiladores. Las rejas se deberán de limpiar al mismo tiempo que los filtros esto para que no se deterioren o se obstruyan constantemente por lo que se les debe de limpiar una vez al mes y se debe de realizar una revisión quincenal para verificar el estado de ellos y evitar cualquier obstrucción o problema en el sistema.

#### **4.5.2. Correctivo**

El mantenimiento correctivo se da cuando un sistema operativo falla o tiene algún desperfecto. Este mantenimiento se minimiza al tener un buen mantenimiento preventivo a tal punto que no se realiza casi nunca, pero para esto se debe de tener una planeación y ejecución del plan en las fechas indicadas.

Este tipo de mantenimiento se contemplará principalmente dentro del sistema en iluminación, porque no se puede mantener un control exacto en la vida útil de cada una de las luminarias y es muy difícil detectar algún problema o falla a la hora de realizar algún tipo de mantenimiento, por lo que se manejará cuando la luminaria deje de iluminar adecuadamente o ya no encienda más, es

entonces donde se procederá a cambiar la luminaria individualmente si las demás funcionan correctamente.

Se debe tomar en cuenta la velocidad de respuesta que se debe de tener. El cambio de una luminaria que no funcione debe de ser inmediata, por lo que cuando se reporte una luminaria quemada se debe proceder a cambiarla con un máximo de tiempo de media hora; en caso que no se procede a cambiar la luminaria en el tiempo establecido el jefe de área reportará este inconveniente a la Gerencia de Mantenimiento.

En el sistema de ventilación el mantenimiento correctivo debe de ser mínimo debido al cumplimiento del mantenimiento preventivo, en caso que no se realice el debido mantenimiento, se deberá de emplear el mantenimiento correctivo, esto cuando falle alguno de los sistemas operativos de este sistema los cuales son los extractores y ventiladores.

## 5. MEJORA CONTINUA

La mejora continua de procesos, proyectos, servicios, etc., es llamada también *Kaizen*, lo que se pretende con esto es que siempre se este innovando y mejorando los sistemas con nueva tecnología o sistemas más eficientes y más ecológicos. Esta mejora debe de realizarse a lo largo de la vida útil de los proyectos, cuando los proyectos lleguen al final de su vida útil se debe de evaluar si es necesario renovar, mejorar o cambiar definitivamente los sistema para que nos proporcionen mejores resultados.

*Kaizen* proviene del japonés que quiere decir:

*Kai* = cambio y *zen* = Bueno o beneficio

Que traducido al español es un sinónimo de cambio bueno o como todos lo conocen mejora continua, esta filosofía lo que pretende enseñar es que todo puede ser mejorado y que no se necesitan grandes cambios, que cuando se logran se quedan ahí y no se avanza más, por lo contrario *Kaizen* lo que busca es realizar pequeños cambios continuamente que al sumarlos logren un cambio significativo y sea de beneficio para todos en lo que se esta aplicando.

La mejora en los proyectos significa exactamente ir cambiando para mejorar poco a poco, pero constantemente; cuando los proyectos se lleven acabo serán un gran cambio, de beneficio para la empresa y en especial para los colaboradores que trabajan en esta área, pero se deben de mejorar en el transcurso del tiempo y no porque ya se llevaron a cabo el o los proyectos se cumplió con el objetivo, por el contrario, se debe buscar la manera de ir



mejorando cada vez más porque la empresa esta en crecimiento y llegará el momento en que de no ser así los sistemas serán ineficientes o incluso obsoletos, por lo que se debe visualizar siempre hacia el futuro y para que esto no llegue a pasar y genere que la inversión que se realizo se pierda.

### **5.1. Estudios periódicos de ventilación e iluminación**

Los estudios de ventilación e iluminación se deben de realizar por lo menos una vez al año, estos estudios deberán abarcar todos los ámbitos que se tomaron en cuenta durante las evaluaciones que se realizaron a las instalaciones antes de la realización de los proyectos. Además deberán de reflejar la situación en la que se encuentran los sistemas en el tiempo correspondiente entre un estudio y el otro, tanto en ventilación como en iluminación siendo evaluados de la manera más estricta y objetiva posible.

Lo que se busca con estos estudios es ver la eficiencia de los sistemas; analizando los resultados que se obtengan cada vez que se realicen y así poder ver la evolución, problemas y complicaciones que puedan tener los sistemas durante su funcionamiento.

Los estudios que se deben de realizar son los siguientes:

- Estudio de ventilación natural y forzada
- Estudio a través del método de cavidad zonal (iluminación artificial)
- Estudio de techos industriales (iluminación natural, calculo de laminas translucidas).
- Otros métodos que se crean convenientes para la evaluación de los proyectos.

Los tres primeros métodos son los básicos que deben de tener los estudios periódicos que se realizarán y como mejora continua analizar la manera de poder aplicar algún otro método para evaluar el funcionamiento de los sistemas.

## **5.2. Resultados de los sistemas aplicados**

Los resultados se obtendrán de los diferentes sistemas de evaluación que se llevarán a cabo durante la vida útil de los proyectos, en estos se debe de reflejar los beneficios y el estado en general de los proyectos principalmente durante el primer año de funcionamiento de los sistemas los resultados dependen directamente de:

- Estudios periódicos
- Evaluaciones internas
- Auditorias internas y externa

Los primeros resultados de los proyectos se verán al finalizar los proyectos; los cuales deberán ser documentados y analizados con respecto a los datos obtenidos antes del proyecto. Los resultados deberán de presentarse a Gerencia General cuando estos estén terminados, esto hace referencia a que se deben de presentar los resultados tanto del sistema de iluminación como el de ventilación antes y después del proyecto.

### **5.2.1. Análisis de los resultados**

Los análisis de los resultados se deben de realizar en comparación con las condiciones antes, durante y después del proyecto, en el primer año de funcionamiento de los sistemas; se deberán comparar con las condiciones

actuales como anteriormente se mencionó y cómo los estudios se llevarán a cabo cada año lo que nos dará estadísticas comparativas con las cual podemos analizar los resultados obtenidos y poder comparar con años anteriores y ver si se ha mejorado o no, esto se deberá realizar también cada vez que se realice una mejora a cualquiera de los dos sistemas.

El análisis de resultados los tiene que llevar a cabo el personal de mantenimiento en conjunto con los encargados de producción de esta área o pueden contratar a alguien especializado tanto para realizar los estudios y presentar los resultados como para mejorar el sistema. Los análisis finales y conclusiones se deberán discutir con Gerencia General la fecha en que se presentan los resultados del año que paso, así mismo se deben fijar metas y objetivos para el siguiente año.

#### **5.2.1.1. Sistema de ventilación**

En lo que respecta al sistema de ventilación se debe de observar la variación de la temperatura en el área de extrusión y realizar una comparación de las condiciones que se presentaron antes y después de la implementación de los proyectos y determinar qué beneficios se obtuvieron con la implementación del nuevo sistema. Este análisis deberá de servir para mejorar en los puntos débiles o en el mejoramiento del sistema.

#### **5.2.1.2. Sistema de Iluminación**

En el sistema de iluminación con respecto a los resultados de los sistemas implementados se debe de analizar:

- La reducción en la utilización de energía eléctrica durante el turno diurno, en lo que respecta al sistema de iluminación natural.
- En el sistema artificial la reducción de penumbras y la mejora en la iluminación del área de trabajo en el Área de Extrusión.

Este análisis deberán de realizarse por separado para no confundir los resultados obtenidos durante los estudios y evaluaciones, esto ayudará para establecer los puntos débiles y las posibles mejoras de los proyectos por separado; aunque no son independientes, esto para facilitar el análisis de los resultados y porque se realizan diferentes formas o métodos para evaluarlos.

### **5.3. Ventajas y desventajas**

Las ventajas y desventajas se presentarán durante la implementación, sin embargo, las expectativas de los proyectos son altas, por lo que se espera que se obtengan varios beneficios y muy pocas desventajas, por la complejidad de ambos proyectos.

Ventajas y desventajas de la implementación del proyecto:

- Distribución de áreas
- Espacios disponibles
- Métodos de trabajo
- Herramienta Utilizada
- Manejo de materiales

Estos puntos son los mas importantes en lo que se refiere a la implementación del proyecto en ellos se reúnen una gran cantidad de interrogativas y problemas que se deben de analizar antes de poner en marcha

el proyecto para salir adelante con el proyecto (para mayor información ir al capítulo 4).

#### **5.4. Monitoreo constante**

El monitoreo se debe de realizar todos los días en especial con el sistema de ventilación para evitar algún problema en los sistemas de iluminación, como iluminación insuficiente o en el sistema de ventilación con problemas en las tuberías o en los filtros. El monitoreo sirve para prevenir que el sistema de ventilación no se tape y provoque que la renovación de aire no sea la necesaria o la adecuada y se vuelva a acumular el calor dentro de las naves; en el sistema de extracción solo se debe de ver que estén funcionando de la manera correcta.

El sistema de iluminación es más sencillo de controlar, ya que este se realiza de manera visual, por lo que se puede observar si existe algún problema con el sistema, el monitoreo se basa básicamente en la supervisión que se tenga de los sistemas en su funcionamiento.

##### **5.4.1. Supervisión periódica**

La supervisión es muy importante en los proyectos, y es por eso que esta la tendrá a su cargo el Departamento de Mantenimiento en colaboración con Producción, por lo que su misión es velar por el cumplimiento de los objetivos de ambos sistemas y supervisar constantemente que no existan problemas con alguno de ellos o encontrar puntos de mejora.

#### **5.4.1.1. Sistema de ventilación**

En el sistema de ventilación son muchos los puntos a los cuales se les deben prestar atención y por lo tanto es el proyecto con el cual se debe de tener una supervisión constante, en especial en el funcionamiento o variaciones grandes de temperatura, esta supervisión también ayudará para el mantenimiento y las fallas o defectos que presente el sistema durante su funcionamiento, la temperatura la deben monitorear tanto el Departamento de Producción como el de Mantenimiento. En lo que respecta a las actividades de supervisión del funcionamiento del sistema se encarga el Departamento de Mantenimiento.

#### **5.4.1.2. Sistema de iluminación**

La supervisión se debe de realizar visualmente esto debido a que el sistema de iluminación no necesita mucha más supervisión que esta, solamente cuando se tiene algún tipo de imperfección en el sistema eléctrico. Esto para poder determinar las mejoras que se pueden realizar al proyecto como cambiar el tipo de luminaria por las luminarias de Led las cuales proporcionan una mejor iluminación y tienen un mejor rendimiento.

#### **5.4.2. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento de los sistemas es muy importante y esto servirá para corregir los problemas que surjan durante el funcionamiento, cuando se habla de mantenimiento preventivo en mejora se refiere a que mediante la realización de este se pueden implementar cambios ó mejoras para tener sistemas eficientes y adecuados y adaptarse a los cambios que tenga la empresa tanto

en crecimiento como en la forma de producción actual, lo que implica que los sistemas deben de irse modificando a través del tiempo y constantemente.

## **5.5. Estadísticas**

Todos los datos y resultados que se tengan en los estudios y supervisiones se deben de guardar en una base de datos, esta recopilación de datos nos servirá para crear una estadística y poder comparar los resultados preferiblemente por año o cada vez que se realice una mejora esto ayudará a establecer el beneficio que se obtuvo por la mejora o el cambio que se realizó.

Las estadísticas que se generen de la base de datos servirán como comparativo entre cada período de evaluación que se tenga y en especial en las auditorias tanto internas como externas y demostrar los avances que se han tenido durante ese período en cuestión. Los datos recopilados en este estudio servirán únicamente de referencia, los datos para la estadística serán aquellos recabados a partir del primer año de funcionamiento de los sistemas.

## **5.6. Beneficios**

Los proyectos serán de gran beneficio para todos los colaboradores que trabajan en el área de extrusión, puesto mejorará las condiciones del ambiente de trabajo; además se podrán observar ahorros en energía eléctrica, entre otros. Los sistemas funcionando tendrán beneficio tanto para la empresa como para los colaboradores, los cuales se espera que tengan un mejor rendimiento; ya que se están mejorando las condiciones de trabajo; lo cual es otro beneficio para la empresa y teniendo beneficios tanto cuantitativos como cualitativos se puede invertir en mejoras de los sistemas y así volverlos más eficientes y económicos.

Beneficios cuantitativos:

- Ahorro en el consumo de energía eléctrica
- Ahorro en los gastos por accidentes o incidentes
- Aumento en la producción

Beneficios cualitativos:

- Ambiente de trabajo mas fresco e iluminado
- Mayor eficiencia de los colaboradores
- Reducción en los incidentes y accidentes
- Disminución en los errores en producción
- Buena salud de los colaboradores

## **5.7. Auditorías**

Las auditorías servirán para determinar las deficiencias que se tienen en los sistemas y las mejoras que se pueden realizar, estas auditorías deberán de llevarse a cabo por lo menos una vez al año, este tipo de auditorías pueden ser:

- Externas
- Internas

Esto por motivos de que algunos clientes están certificados y por lo tanto los proveedores como la empresa Polytec deben de cumplir con los requerimientos para poder ser proveedores de dichas empresas; lo cual ayudará a tener otras perspectivas o ser más exhaustivos en los sistemas para poder mejorar constantemente.



### **5.7.1. Auditorías internas**

Las auditorías internas se llevan a cabo a cada año por motivo de las auditorias que llevan a cabo los clientes dentro de las instalaciones las cuales abarcan todos los departamentos, áreas, registros, estadísticas, etc. Para estas auditorías se contratan a personas especializadas en el tema para que brinden la asesoría necesaria y la empresa pueda prepararse para pasar el registro de los clientes, este tipo de auditorias se tomarán para beneficios de la empresa y en sí de los sistemas con el objetivo de implementar mejoras en el funcionamiento, mantenimiento y documentación que se tiene al momento de realizarlas.

### **5.7.2. Auditorías externas**

Estas son realizadas por los clientes en especial por aquellos que están certificados por las normas ISO o están en el proceso de realizar la certificación, como anteriormente se mencionó, estas auditorias abarcan todo, desde las materias primas hasta el producto terminado; así como todos los procesos y departamentos. Estas auditorías servirán como una forma de análisis y de crítica constructiva para ir mejorar poco a poco.

## CONCLUSIONES

1. Mejorar los sistemas de ventilación e iluminación con los que cuenta actualmente la empresa de acuerdo con el crecimiento que ha tenido en los últimos 10 años, para mejorar las condiciones de trabajo y la productividad del personal.
2. Colocar extractores de calor a lo largo de las naves, tanto de techo (extractores eolicos) como de pared (extractores tipo ventilador), para complementar la renovación constante del aire necesario dentro de la empresa por medio del sistema de introducción de aire subterráneo.
3. Instalar un sistema de filtrado de aire adecuado para evitar que contaminantes externos ingresen al área de producción para evitar que afecten el producto terminado, el cambio de temperatura dentro de las naves de extrusión sobre el proceso productivo no tiene ningún efecto ni problema en la burbuja de plástico ni en el producto final.
4. Mejorar la iluminación natural en todas las áreas para evitar tener el gasto de energía eléctrica que se tiene actualmente al mantener las luminarias de techo todo el día encendidas. Esto se lograra colocando focos de luz natural en todas las naves, los focos de luz natural serán provistos por laminas translucidas las cuales dejan pasar cierta cantidad de luz natural actualmente se tienen en esta área pero son insuficientes para cubrir las dimensiones de cada nave, en espacial en la nave 3 donde se encuentra la maquinaria mas antigua y es la más oscura.

5. Implementar el sistema de ventilación natural en las 3 naves para disminuir la temperatura que se alcanza especialmente en época de verano, esto basado en el análisis de los resultados obtenidos durante los estudios realizados durante el año. En estos estudios se determinó que el sistema de iluminación tanto natural como artificial deben de mejorarse.
6. La ineficiencia de los sistemas de ventilación e iluminación actual pueden provocar enfermedades ocupacionales, accidentes graves. Algunos de los síntomas resultantes de estas condiciones inadecuadas son mareos, problemas de la vista, sudoración excesiva; estos síntomas impiden que los trabajadores realicen óptimamente sus labores, por lo que se debe de realizar lo más rápido posible ambos proyectos para mejorar la calidad del ambiente de trabajo.
7. Inyectar aire fresco desde la parte exterior de las naves hacia el interior, por medio de un sistema de ventilación subterráneo el cual permite distribuir de forma eficiente el aire para tener una renovación constante y expulsar el aire caliente por medio de los extractores que se encuentra dentro de las naves.
8. Al terminar el estudio sobre las condiciones del medio que rodea a los trabajadores, se vio que la ventilación es el problema más importante que se tiene en la actualidad especialmente en época de verano ya que las temperaturas llegan a los 40 °C y no bajan de los 30 °C por lo que se tiene una temperatura demasiado alta para poder laborar de forma eficiente, en el sistema de iluminación se debe de mejorar el que se tiene actualmente para tener un sistema eficiente y adecuado que no afecte el desempeño de los colaboradores de esta área.

## RECOMENDACIONES

1. Los trabajos deberán llevarse a cabo durante la época de verano para evitar retrasos por los trabajos que se debe de realizar fuera de la empresa en especial en el sistema de ventilación; en lo que respecta a la instalación de los extractores eolicos que van colocados en el techo y con el sistema de iluminación natural para la instalación de las láminas transparentes en toda la hilera central y algunas en los costados.
2. Darles el mantenimiento adecuado y cumpliendo con las fechas programadas por el Departamento de Mantenimiento, y ver que se cumpla con dicho mantenimiento por parte de dicho departamento.
3. Tomar en cuenta todas las recomendaciones que den los proveedores al momento del mantenimiento y de algún cambio que se quiera implementar en ambos sistemas.
4. Los trabajos de instalación e implementación de los nuevos sistemas se deberán hacer por parte de una empresa externa esto para no poner en peligro a los trabajadores, además, los trabajos deben realizarse por personal entrenado y con experiencia en este tipo de trabajo; otro de los motivos de contratar a otra empresa para que se realicen los proyectos es el cumplimiento de las fechas de entrega ya que si se trabaja con el personal de la empresa los trabajos se verán interrumpidos cuando surja algún tipo de inconveniente con el proceso de la empresa y se tenga que trasladar a los colaboradores a otra área para solucionar los inconvenientes.

5. Implementar mejoras a los sistemas constantemente y concienciar a todos los trabajadores para que cuiden los sistemas para que sean duraderos y eficientes.
  
6. Realizar las inspecciones y estudios según lo establecido para tener un parámetro de referencia, cumpliendo con las fechas definidas, documentando todo para realizar los informes a presentar a gerencia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BATISTA, José Estuardo. *Diseño de un programa de readecuación y mejora del ambiente general de trabajo en la industria de metales y procesos S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 103 p.
2. CARNICER ROYO, Enrique. *Ventilación industrial*. España: Paraninfo, 2001. 115 p.
3. CONCHA, Patricio. *Cálculo de la iluminación*. [en línea]. [ref. 7 octubre 2010]. Disponible en Web: <[http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public\\_www/capitulo7/calculo\\_de\\_iluminacion.html](http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo7/calculo_de_iluminacion.html)>.
4. Departamento de Salud y Servicios: *Trabajando en ambientes muy calurosos*. 2a edición, Estados Unidos: Departamento de Salud y Servicios, 1992. 17 p.
5. Galeón. *Catálogo de Luminarias Ilco*. [en línea]. [ref. 4 de octubre 2010]. Disponible en Web: <<http://igm.galeon.com/productos1437733.html>>.
6. HARPER, Gilberto Enrique. *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas*. 2a ed. México: Noriega Editores, 2007. 278 p.

7. MALDONADO RUIZ, Manuel. *Manual práctico de ventilación industrial estática o natural*. 2a ed. España: Dossat 1995. 68 p.
8. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. 7a ed. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2000. 117 p.
9. UMSS-FCYT. *Instalaciones Eléctricas I*. [en línea]. [ref. 5 agosto 2010]. Disponible en Web: <<http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>>.

## ANEXOS

### Tablas de Iluminación

#### Tabla de reflectancia de las paredes:

Depreciación de la reflectancia porcentual $\alpha \rightarrow$		TIPO DE DISTRIBUCION DE LUMINARIAS											
		DIRECTA				MIXTA				INDIRECTA			
		10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
		FACTOR DE DEPRECIACION DE LAS SUPERFICIES $F_{ds}$											
Índice de cavidad del local $I_{CR}$	1	.98	.95	.94	.92	.94	.97	.80	.76	.90	.80	.70	.60
	2	.98	.95	.94	.92	.94	.97	.80	.75	.90	.80	.69	.59
	3	.98	.95	.93	.90	.94	.96	.79	.74	.90	.79	.68	.58
	4	.97	.95	.92	.90	.94	.96	.79	.73	.89	.78	.67	.55
	5	.97	.94	.91	.89	.93	.86	.78	.72	.89	.78	.66	.55
	6	.97	.94	.91	.89	.93	.85	.78	.71	.89	.77	.66	.54
	7	.97	.94	.90	.87	.93	.84	.77	.70	.89	.76	.65	.53
	8	.96	.93	.89	.86	.93	.84	.76	.69	.88	.76	.64	.52
	9	.96	.92	.88	.83	.93	.84	.76	.68	.88	.75	.63	.51
	10	.96	.92	.87	.83	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.62	.50

(Tab. 6.1) Factor de depreciación debido a la disminución de la reflectancia de las paredes del local.

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>

#### Tabla de reflectancia típica con luz blanca:

COLORES	REFLECTANCIA	MATERIALES	REFLECTANCIA
Blanco	75 – 85	Espejo metálico	80 – 90
Crema claro	70 – 75	Plástico matizado	75 – 85
Amarillo claro	65 – 75	Aluminio pulido	65 – 85
Plomo claro	55 – 75	Acero inoxidable	55 – 65
Verde claro	55 – 65	Hierro esmaltado	60 – 90
Azul claro	50 – 60	Blanco sintético	70 – 85
Plomo medio	40 – 55	Concreto	40 – 50
Verde medio	40 – 50	Estuco	70 – 80
Azul medio	35 – 50	Ladrillos	10 – 40
Rojo	10 – 20	Asfalto	4 – 10

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>



**Tabla de mantenimiento de las estructuras:**

<b>CINCO GRADOS DE SUCIEDAD</b>		
	<b>Muy limpio</b>	<b>Limpio</b>
Suciedad generada	Nula	Muy poca
Suciedad ambiente	Nula	Algo (no llega casi nada)
Eliminación o filtrado	Excelente	Superior a la media
Adherencia de la suciedad	Nula	Escasa
Ejemplos	Oficinas de alto rango, no próximas a las zonas de producción: laboratorios, habitaciones limpias.	Oficinas en edificios antiguos o próximas a los puntos de producción

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>

	<b>Medio</b>	<b>Sucio</b>	<b>Muy sucio</b>
Suciedad generada	Perceptible, pero no alta	Se acumula rápidamente	Acumulación constante
Suciedad ambiente	Algo de suciedad alcanza la zona	Una gran cantidad llega a la zona	Casi nunca queda excluida
Eliminación o filtrado	Inferior a la media	Solo ventiladores o soplantes si los hay	
Adherencia de la suciedad	Suficiente para hacerse visible después de algunos meses	Alta, probablemente debida al aceite, a la humedad, o estática	Alta
Ejemplos	Oficinas de fabricas	Tratamientos térmicos; impresiones a alta velocidad; procesos con goma	Similar a lámparas grado sucio, pero en las luminarias dentro de la zona inmediata de contaminación

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>

# Tablas de relaciones de cavidades

## RELACIONES DE CAVIDAD

Dimensiones del local	Altura de la cavidad																				
	Anchura	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3	3,30	3,60	4,20	4,80	6	7,50	9
2,40	2,4	1,2	1,9	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	6,2	7,5	8,8	10,0	11,2	12,5	14,0	15,6	17,4	19,4	21,6	24,0	26,4
	3	1,1	1,7	2,2	2,8	3,4	3,9	4,5	5,6	6,7	7,9	9,0	10,1	11,3	12,7	14,4	16,2	18,2	20,4	22,8	25,2
	4,20	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,4	3,9	4,5	5,6	6,7	7,8	8,8	9,7	10,7	12,0	13,6	15,4	17,4	19,6	22,0
	6	0,9	1,3	1,7	2,2	2,6	3,1	3,5	4,4	5,2	6,1	7,0	7,9	8,8	9,6	10,5	12,2	14,0	16,0	18,2	20,4
	9	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	4,0	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9	8,7	9,5	11,0	12,8	14,8	17,0	19,2
3	12	0,7	1,1	1,5	1,9	2,3	2,6	3,0	3,7	4,5	5,3	5,9	6,5	7,4	8,1	9,8	10,3	11,8	13,4	15,2	17,0
	3	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0
	4,20	0,9	1,3	1,7	2,1	2,6	3,0	3,4	4,3	5,1	6,0	6,9	7,8	8,6	9,5	10,4	12,0	13,8	15,6	17,4	19,2
	6	0,7	1,1	1,5	1,9	2,3	2,6	3,0	3,7	4,5	5,3	6,0	6,8	7,5	8,3	9,0	10,5	12,0	13,8	15,6	17,4
	9	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,6	3,3	4,0	4,7	5,3	6,0	6,6	7,3	8,0	9,4	10,6	12,5	14,4	16,2
3,60	12	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	6,2	6,9	7,5	8,7	10,0	11,7	13,4	15,2
	18	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1	8,2	9,4	10,8	12,2	13,6
	3,60	0,8	1,2	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	4,2	5,0	5,8	6,7	7,5	8,4	9,2	10,0	11,7	13,6	15,6	17,6	19,6
	4,80	0,7	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5	2,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,5	7,2	8,0	8,7	10,2	11,6	13,2	14,8	16,4
	7,20	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	6,2	6,9	7,5	8,7	10,0	11,0	12,5	14,0
4,20	10,80	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	6,0	6,6	7,8	9,0	10,2	11,4	12,6
	15	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2
	21	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,8	6,8	7,8	8,7	9,7	10,7
	4,20	0,7	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	2,9	3,6	4,3	5,0	5,7	6,4	7,1	7,8	8,5	10,0	11,4	12,8	14,2	15,6
	6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	3,0	3,6	4,2	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	8,6	9,8	10,5	11,9	13,2
5,10	9	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,4	2,9	3,3	3,8	4,3	4,8	5,2	5,7	6,6	7,6	8,5	9,5	10,5
	12,60	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,4	2,9	3,3	3,8	4,3	4,8	5,2	5,7	6,6	7,6	8,5	9,5	10,5
	18	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2	2,6	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,2	6,1	7,0	7,9	8,8	9,7
	27	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,8	6,8	7,7	8,6	9,5
	5,10	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	6,5	7,0	8,2	9,4	10,6	11,8	13,0
6	10	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
	7,50	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,2	2,6	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,2	6,1	7,0	7,7	8,7	9,7
	10,50	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,5	5,4	6,2	7,2	8,0	9,0
	15	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,8	2,1	2,5	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	5,1	5,8	6,7	7,5	8,4
	24	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,7	2,3	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,7	5,4	6,2	7,0	8,0
7,20	36	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
	6	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,8	6,6	7,5	8,4	9,3
	9	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	5,1	5,8	6,7	7,5	8,4
	13,50	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,7	5,4	6,2	7,0	8,0
	18	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,6	6,4	7,2
8	27	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,4	4,0	4,6	5,3	6,1	7,0
	48	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,8	6,7	7,6	8,5	9,4
	7,20	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2	2,6	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	5,1	5,8	6,7	7,6	8,5
	9,60	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,4	5,0	5,8	6,7	7,6
	15	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,8	4,4	5,0	5,8	6,7
26,30	15	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9	3,1	3,7	4,2	4,8	5,5	6,2
	26,30	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9	3,1	3,7	4,2	4,8	5,5	6,2
	48	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,3	3,8	4,4	5,0	5,7

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>

Relaciones de Cavidad

9	9	0,3	0,3	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,7	5,4	6,7	8,4	10,0	
	12,50	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,8	4,4	5,5	6,9	8,2	
	18	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,5	4,0	5,0	6,2	7,4	
	27	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6	4,5	5,6	6,7
	45	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,2	4,0	5,0	5,9	6,9
10,80	60	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,6	3,0	3,7	4,7	5,6	
	10,80	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,7	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,9	4,4	5,5	6,9	8,3	
	15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,9	3,3	3,8	4,8	5,9	7,2
	22,50	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	3,0	3,5	4,3	5,2	6,1
	30	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	2,1	2,4	2,8	3,2	3,8	4,7	5,7
12,60	45	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,8	3,3	3,9	4,6	4,5
	60	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	2,0	2,3	2,9	3,6	4,3	4,2
	90	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,8	3,5	4,2	
	15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,2	3,8	4,7	5,9	6,0
	21	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,7	3,4	4,3	5,3	6,1
15	30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,7	4,5
	45	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1	2,7	3,3	4,0	4,0
	90	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,9	2,3	2,9	3,5	4,0
	18	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,3	2,7	3,3	4,2	5,0	5,0
	30	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1	2,7	3,3	4,0	4,0
22,50	30	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1	2,7	3,3	4,0	
	60	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	2,0	2,7	3,3	4,0
	90	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	2,0	2,7	3,3	4,0
	30	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0
	45	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	2,0	2,0
45	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	2,0	1,5	
	60	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
60	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
90	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
150	150	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
	150	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	
	150	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	1,5	

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>






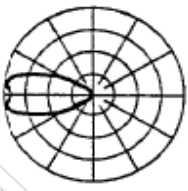
Tabla Reflectancia efectiva de cavidad

REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE CAVIDAD

Reflectancia base (de techo) en %	90					80					70					60					50														
	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50										
0,2	89	88	86	85	84	82	79	78	77	76	74	72	70	69	68	67	66	65	64	60	59	58	57	56	55	53	50	49	48	47	46	44			
0,4	88	87	86	84	81	79	76	77	76	74	72	70	68	69	68	67	65	63	61	58	60	59	59	57	54	52	50	50	49	48	47	45	44	42	
0,6	87	86	84	80	77	74	73	78	76	75	71	68	65	57	69	67	65	63	59	57	54	60	58	57	55	51	50	46	50	48	47	45	43	41	38
1,0	87	85	82	77	73	69	67	78	75	73	69	65	61	57	68	66	64	60	56	53	50	59	57	56	54	48	46	43	50	48	47	44	40	38	36
1,5	86	83	80	75	69	64	62	77	74	72	67	62	57	55	68	65	62	58	53	50	47	59	57	55	51	45	43	41	50	48	46	43	38	36	34
2,0	85	80	76	68	61	55	51	75	72	68	61	54	49	46	67	62	59	54	46	42	40	59	55	52	46	40	37	34	50	47	45	40	34	31	26
2,5	83	77	72	62	53	47	43	74	69	64	56	48	41	38	66	60	56	49	40	36	33	58	54	50	43	35	31	29	50	46	43	37	30	26	24
3,0	82	75	68	57	47	40	36	73	67	61	51	42	35	32	65	60	54	45	36	31	29	58	53	47	39	30	25	23	50	46	41	35	27	22	21
3,5	80	72	64	52	42	34	30	72	65	58	47	37	30	27	64	58	52	42	32	27	24	57	52	46	37	28	23	20	50	45	40	32	24	19	17
4,0	79	70	61	48	37	31	26	71	63	55	43	33	28	24	63	57	50	38	29	23	21	57	50	44	35	25	20	17	50	44	39	30	22	17	15
5,0	77	69	58	44	33	25	22	70	61	53	40	30	22	20	63	55	48	26	26	20	17	57	49	42	32	23	18	14	50	44	38	28	20	15	12
6,0	75	59	53	38	28	20	16	68	58	48	35	25	18	14	61	52	44	31	22	16	12	56	48	40	28	20	14	11	50	42	35	25	17	12	09
8,0	73	61	49	34	24	16	11	66	55	44	31	22	15	10	60	51	41	28	19	13	09	55	45	37	25	17	11	07	50	42	34	23	15	10	06
10,6	65	51	36	22	15	09	04	59	46	33	21	14	08	03	55	43	31	19	12	08	03	51	39	29	18	11	07	02	47	37	27	17	10	06	02
Reflectancia base (de techo) en %	40					30					20					10					0														
Reflectancia de las paredes en %	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50										
RELACION DE CAVIDAD	40	39	38	36	34	34	31	31	30	29	28	27	21	20	20	19	18	17	11	11	11	10	09	08	02	02	01	01	00	0					
	41	40	39	38	36	34	34	31	31	30	29	28	26	25	22	21	20	20	19	18	16	12	11	11	11	10	09	08	04	03	03	02	01	00	0
	41	40	39	37	34	32	31	32	31	30	28	26	25	23	23	21	21	19	18	17	15	13	13	12	11	10	08	08	05	05	04	03	02	01	0
	41	40	38	36	33	31	29	32	31	30	28	25	23	22	24	22	21	19	18	16	14	15	14	13	11	10	08	07	07	06	05	04	02	01	0
	42	40	38	34	32	29	27	33	32	30	27	24	22	20	25	23	22	19	17	15	13	16	14	13	12	10	08	07	08	07	06	04	02	01	0
	42	39	37	32	28	24	22	34	33	30	25	22	18	17	26	24	22	18	16	13	11	18	16	15	12	10	07	06	11	10	08	06	03	01	0
	42	39	36	31	25	21	19	35	33	29	24	20	16	14	28	25	23	18	15	11	09	20	18	16	13	09	05	05	14	12	10	07	04	01	0
	43	39	35	29	23	18	12	36	32	29	24	18	14	12	29	26	23	18	14	10	08	22	20	17	13	09	05	04	16	14	12	08	05	02	0
	43	39	35	27	21	16	13	37	33	29	22	17	12	10	30	27	23	17	13	09	07	24	21	18	13	09	05	03	18	16	13	09	05	02	0
	44	39	34	26	20	14	12	38	33	29	21	15	10	09	32	27	23	17	12	08	05	26	22	19	13	09	05	03	20	17	15	10	05	02	0
	44	38	33	25	18	12	10	38	33	28	21	14	09	07	33	28	23	17	11	07	07	27	23	20	14	09	04	02	22	18	15	10	05	02	0
	45	38	31	22	15	10	07	39	33	28	19	13	08	05	35	29	24	16	10	06	04	30	25	20	14	08	04	02	25	21	17	11	06	02	0
	44	37	30	20	13	08	05	39	33	27	18	11	06	04	36	30	24	16	10	05	02	31	26	21	14	08	03	01	27	23	18	12	06	02	0
	44	35	28	18	11	06	03	40	33	26	16	09	04	02	37	30	23	15	08	03	01	33	27	21	13	07	03	01	30	25	20	12	06	02	0
10,6	43	34	25	15	08	05	02	40	32	24	14	08	03	01	37	29	22	13	07	03	01	34	26	21	12	07	03	01	31	25	20	12	06	02	0




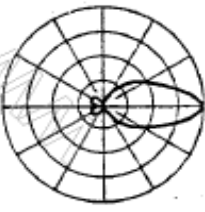

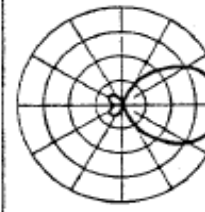


Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>

Tabla de coeficientes de utilización:

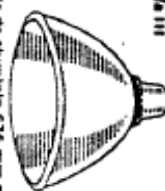
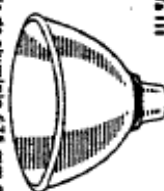

LUMINARIA		DISTRIBUCION	Separación no superior a	COEFICIENTES DE UTILIZACION												
				Reflektancias												
				Cavidad del techo		80 %		50 %		10 %		0 %				
R.C.L.		50% 30%	10%	50% 30%	10%	50% 30%	10%	50% 30%	10%	0 %						
<b>Categoría III</b>  Reflector de cúpula ventilado	0       79		1,3 x Altura de montaje	1	8,50	8,20	7,90	7,90	7,70	7,50	7,30	7,20	7,10	6,90		
				2	7,40	6,90	6,50	7,00	6,60	6,20	6,50	6,20	5,70	5,40	5,10	4,90
				3	6,50	6,00	5,40	6,20	5,70	5,30	5,70	5,30	4,70	4,40	4,20	4,20
				4	5,80	5,10	4,60	5,50	4,90	4,50	5,10	4,50	4,00	3,60	3,50	3,50
				5	5,00	4,40	3,80	4,70	4,20	3,70	4,50	4,00	3,50	3,20	3,00	3,00
				6	4,40	3,80	3,30	4,30	3,60	3,20	4,00	3,50	3,20	2,70	2,60	2,60
				7	4,00	3,30	2,80	3,80	3,30	2,80	3,60	3,20	2,70	2,30	2,20	2,20
				8	3,60	2,90	2,40	3,40	2,80	2,40	3,20	2,80	2,40	2,00	1,80	1,80
				9	3,30	2,50	2,00	3,10	2,50	2,00	2,90	2,50	2,10	1,80	1,70	1,70
				10	2,90	2,20	1,80	2,80	2,20	1,80	2,60	2,10	1,80	1,70	1,70	1,70
<b>Categoría I</b>  Lámpara reflectora de filamento R-52 Haz ancho, 500 y 750 W	0       100		1,5 x Altura de montaje	1	10,80	10,50	10,20	10,10	9,90	9,70	9,40	9,30	9,10	8,90		
				2	9,80	9,30	8,90	9,30	8,90	8,60	8,60	8,30	8,20	8,00	8,00	
				3	8,90	8,30	7,80	8,30	8,00	7,60	8,00	7,60	7,30	7,10	7,10	7,10
				4	8,10	7,40	6,80	7,70	7,20	6,70	7,30	6,90	6,50	6,40	6,40	6,40
				5	7,30	6,60	6,00	7,00	6,40	5,90	6,60	6,20	5,80	5,60	5,60	5,60
				6	6,70	5,90	5,30	6,40	5,80	5,20	6,10	5,60	5,20	5,00	5,00	5,00
				7	6,00	5,20	4,70	5,80	5,10	4,60	5,50	5,00	4,60	4,50	4,50	4,50
				8	5,40	4,60	4,00	5,20	4,50	4,00	4,90	4,40	4,00	3,80	3,80	3,80
				9	4,80	4,00	3,50	4,60	3,90	3,50	4,40	3,90	3,40	3,30	3,30	3,30
				10	4,30	3,60	3,00	4,20	3,50	3,00	4,00	3,40	3,00	2,80	2,80	2,80
<b>Categoría I</b>  Lámpara reflectora de filamento R-47. Haz estrecho — 500 y 750 W	0       100		1,6 Altura de montaje	1	11,00	10,80	10,50	10,40	10,20	10,00	9,70	9,60	9,50	9,30		
				2	10,20	9,80	9,40	9,70	9,40	9,10	9,10	8,90	8,80	8,60	8,60	
				3	9,50	9,00	8,50	9,10	8,70	8,30	8,60	8,30	8,10	7,90	7,90	7,90
				4	8,80	8,20	7,80	8,50	8,00	7,60	8,10	7,70	7,50	7,30	7,30	7,30
				5	8,20	7,60	7,10	7,90	7,40	7,00	7,60	7,20	6,90	6,70	6,70	6,70
				6	7,70	7,00	6,50	7,40	6,90	6,50	7,20	6,80	6,40	6,30	6,30	6,30
				7	7,10	6,50	6,10	6,90	6,40	6,00	6,70	6,30	6,00	5,80	5,80	5,80
				8	6,60	6,00	5,60	6,50	6,00	5,50	6,30	5,90	5,60	5,40	5,40	5,40
				9	6,20	5,50	5,10	6,00	5,50	5,10	5,90	5,40	5,00	4,90	4,90	4,90
				10	5,80	5,10	4,70	5,60	5,10	4,70	5,50	5,00	4,60	4,50	4,50	4,50

Fuente: [http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-](http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP)

COEFICIENTES DE UTILIZACION

<p>Categoría III</p>  <p>Ventilada, de porcelana esmaltada bajas alturas. Lámpara de vapor revestida de flúoruro 400 W.</p>	 <p>0</p>	<p>1,7 x Altura de montaje</p>	1	6,10	7,80	7,60	7,40	7,20	7,10	6,90	6,80	6,70			
			2	7,30	6,90	6,50	6,90	6,60	6,30	6,40	6,20	6,00	5,90	5,80	
			3	6,50	6,00	5,40	6,20	5,80	5,50	5,80	5,30	5,00	4,70	4,50	4,40
			4	5,90	5,30	4,90	5,60	5,20	4,80	5,30	5,00	4,70	4,50	4,40	4,30
			5	5,30	4,70	4,30	5,10	4,60	4,20	4,80	4,40	4,10	4,00	3,90	3,80
			6	4,80	4,20	3,80	4,60	4,10	3,70	4,40	4,00	3,70	3,50	3,40	3,30
			7	3,90	3,30	2,90	4,10	3,60	3,20	3,90	3,60	3,20	3,10	3,00	2,90
			8	3,60	3,00	2,60	3,80	3,20	2,80	3,60	3,20	2,80	2,70	2,60	2,50
			9	3,20	2,70	2,30	3,40	2,90	2,50	3,30	2,80	2,50	2,40	2,30	2,20
			10	9,20	9,00	8,80	8,50	8,30	8,20	7,80	7,50	7,40	7,30	7,20	7,10
<p>Categoría III</p>  <p>Ventilada de aluminio 450 mm, para grandes alturas.- Haz concentrado. Lámpara clá- sica de vapor de 400 W</p>	 <p>9</p>	<p>7 x Altura de montaje</p>	1	8,60	8,20	7,90	7,70	7,40	7,20	7,00	6,90	6,70			
			2	7,90	7,50	7,10	7,40	7,00	6,80	6,80	6,50	6,40	6,20	6,10	
			3	7,40	6,90	6,50	6,90	6,50	6,20	6,40	6,10	5,90	5,70	5,60	
			4	6,80	6,30	5,90	6,40	6,00	5,70	6,00	5,70	5,40	5,30	5,20	
			5	6,30	5,80	5,40	6,00	5,60	5,30	5,60	5,30	5,00	4,90	4,80	
			6	5,80	5,30	4,90	5,60	5,20	4,90	5,20	4,90	4,60	4,50	4,40	
			7	5,30	4,80	4,40	5,20	4,70	4,40	4,80	4,50	4,20	4,10	4,00	
			8	4,80	4,30	3,90	4,60	4,10	3,80	4,20	3,90	3,60	3,50	3,40	
			9	4,40	3,90	3,50	4,20	3,70	3,40	3,90	3,60	3,30	3,20	3,10	
			10	4,70	4,10	3,80	4,50	4,00	3,70	4,20	3,80	3,50	3,40	3,30	
<p>Categoría III</p>  <p>Ventilada de aluminio 450 mm grandes alturas.- Haz medio. Lámpara de vapor revestida, 400 W.</p>	 <p>10</p>	<p>1,2 x Altura de montaje</p>	1	8,80	8,60	8,40	8,00	7,90	7,70	7,10	7,00	6,90	6,70		
			2	8,10	7,70	7,40	7,90	7,50	7,20	7,00	6,70	6,50	6,40	6,20	
			3	7,40	7,00	6,70	7,40	7,00	6,70	6,20	6,00	5,80	5,70	5,50	
			4	6,80	6,30	5,90	6,40	6,00	5,70	5,80	5,50	5,30	5,20	5,10	
			5	6,30	5,70	5,30	5,90	5,50	5,10	5,40	5,10	4,90	4,70	4,60	
			6	5,80	5,20	4,80	5,40	5,00	4,60	5,00	4,70	4,40	4,30	4,20	
			7	5,30	4,70	4,30	5,00	4,60	4,20	4,60	4,30	4,00	3,90	3,80	
			8	4,80	4,30	3,90	4,60	4,10	3,80	4,20	3,90	3,60	3,50	3,40	
			9	4,40	3,90	3,50	4,20	3,70	3,40	3,90	3,60	3,30	3,20	3,10	
			10	4,10	3,50	3,10	3,90	3,40	3,00	3,60	3,20	2,90	2,80	2,70	
<p>Categoría III</p>  <p>Ventilada de porcelana esmaltada, 675 mm. Lámpara de vapor revestida de flúoruro, 1000 W.</p>	 <p>11</p>	<p>1,3 x Altura de montaje</p>	1	8,60	8,30	8,00	7,80	7,60	7,30	6,80	6,70	6,50	6,30		
			2	7,70	7,20	6,80	7,00	6,60	6,30	6,10	5,90	5,70	5,50	5,40	
			3	6,80	6,20	5,70	6,20	5,80	5,40	5,50	5,20	4,90	4,70	4,60	
			4	6,10	5,50	4,90	5,60	5,10	4,70	5,00	4,60	4,30	4,10	4,00	
			5	5,50	4,80	4,20	5,00	4,50	4,10	4,50	4,10	3,80	3,60	3,50	
			6	4,90	4,20	3,70	4,50	3,90	3,50	4,00	3,60	3,30	3,10	3,00	
			7	4,30	3,60	3,10	4,00	3,40	3,00	3,60	3,10	2,80	2,60	2,50	
			8	3,90	3,20	2,80	3,60	3,00	2,60	3,20	2,70	2,40	2,20	2,10	
			9	3,50	2,80	2,40	3,30	2,70	2,30	2,90	2,50	2,20	2,00	1,90	
			10	3,20	2,50	2,10	2,90	2,40	2,00	2,60	2,20	1,90	1,70	1,60	



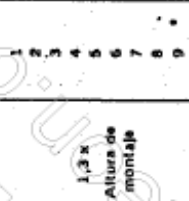


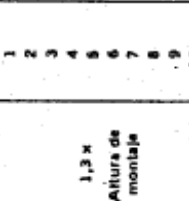


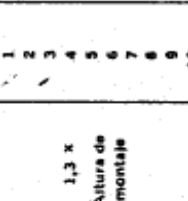
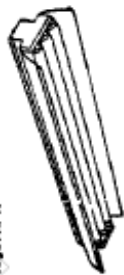

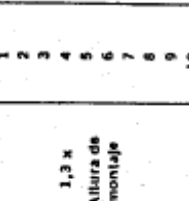
Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>

COEFICIENTES DE UTILIZACION															
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separación no superior a	Reflectancias												
			COEFICIENTES DE UTILIZACION												
			Cavidad hml tecto	80 %	50 %	10 %	0 %	50 %	30 %	10 %	0 %	50 %			
Paredes		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%	0%			
R.C.L.															
<b>Categoría III</b>  Ventilada de aluminio 675 mm grandes alturas. Fija media. Lámpara de vapor reseñada de fábrica de fábrica. 1.000 W.	7 ↓ ↓ ↓ 79	1,0 x	1	9,10	8,80	8,60	8,40	8,20	8,00	7,50	7,40	7,30	7,10		
			2	8,30	7,80	7,50	7,70	7,30	7,10	7,00	6,70	6,60	6,40	6,40	
			3	7,50	6,90	6,50	7,00	6,50	6,20	6,40	6,10	5,80	5,60	5,60	5,60
			4	6,80	6,20	5,70	6,30	5,80	5,50	5,80	5,50	5,20	5,00	5,00	5,00
			5	6,10	5,50	5,00	5,70	5,20	4,80	5,30	4,90	4,60	4,40	4,40	4,40
			6	5,50	4,90	4,40	5,20	4,70	4,30	4,80	4,40	4,10	3,90	3,90	3,90
			7	5,00	4,30	3,80	4,70	4,10	3,70	4,30	3,90	3,60	3,40	3,40	3,40
			8	4,50	3,90	3,40	4,30	3,70	3,30	3,90	3,50	3,20	3,00	3,00	3,00
			9	4,10	3,40	3,00	3,90	3,30	2,90	3,50	3,20	2,80	2,70	2,70	2,70
			10	3,70	3,10	2,70	3,50	3,00	2,60	3,30	2,80	2,50	2,40	2,40	2,40
<b>Categoría III</b>  Ventilada de aluminio 675 mm grandes alturas. Lámpara de vapor reseñada de fábrica. 1.000 W.	12 ↓ ↓ ↓ 73	1,3 x	1	9,00	8,80	8,60	8,10	8,00	7,80	7,10	7,00	7,00	6,70		
			2	8,30	7,90	7,60	7,60	7,30	7,10	6,70	6,60	6,40	6,20	6,20	
			3	7,70	7,20	6,80	7,00	6,70	6,40	6,30	6,10	5,90	5,70	5,70	5,70
			4	7,10	6,60	6,20	6,60	6,20	5,90	6,20	5,90	5,60	5,40	5,40	5,40
			5	6,50	6,00	5,60	6,10	5,70	5,30	5,50	5,20	5,00	4,80	4,80	4,80
			6	6,00	5,50	5,00	5,60	5,20	4,80	5,20	4,80	4,60	4,40	4,40	4,40
			7	5,50	5,00	4,60	5,20	4,70	4,40	4,80	4,40	4,20	4,00	4,00	4,00
			8	5,10	4,50	4,10	4,80	4,30	4,00	4,40	4,10	3,80	3,70	3,70	3,70
			9	4,70	4,10	3,80	4,40	4,00	3,70	4,10	3,80	3,50	3,40	3,40	3,40
			10	4,40	3,80	3,40	4,10	3,70	3,30	3,80	3,50	3,20	3,20	3,20	3,20
<b>Categoría III</b>  2 Lámparas T-2 — Cualquier carga. Para Lámparas T-10 — C.U. n. 1,02.	10 ↓ ↓ ↓ 75	1,3 x	1	8,80	8,40	8,10	7,90	7,70	7,40	6,90	6,80	6,60	6,40		
			2	7,70	7,10	6,60	7,00	6,50	6,20	6,10	5,90	5,60	5,40	5,40	
			3	6,80	6,10	5,60	6,10	5,60	5,20	5,40	5,10	4,80	4,60	4,60	
			4	6,00	5,20	4,70	5,40	4,90	4,40	4,80	4,40	4,10	3,90	3,90	
			5	5,20	4,50	3,90	4,80	4,20	3,70	4,20	3,80	3,50	3,30	3,30	
			6	4,70	3,90	3,40	4,30	3,70	3,20	3,80	3,40	3,00	2,80	2,80	
			7	4,20	3,40	2,90	3,80	3,20	2,80	3,40	3,00	2,60	2,40	2,40	
			8	3,70	3,00	2,50	3,40	2,80	2,40	3,10	2,60	2,20	2,10	2,10	
			9	3,30	2,60	2,10	3,10	2,50	2,10	2,80	2,30	1,90	1,80	1,80	
			10	3,00	2,30	1,90	2,80	2,20	1,80	2,50	2,00	1,70	1,70	1,70	

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>






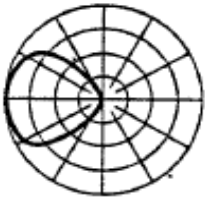
CAP

COEFICIENTES DE UTILIZACION

<p>Categoría II</p>  <p>2 Lámparas T-12 - Cualquier carga. Para Lámparas T-10, C.U. x 1,02</p>	 <p>17</p>	<p>1,3 x Altura de montaje</p>	 <p>71</p>	6,80	6,50	6,10	7,70	7,50	7,30	6,50	6,40	6,20	5,90
				7,70	7,10	6,70	6,80	6,40	6,30	5,70	5,50	5,30	5,00
				6,80	6,10	5,80	6,00	5,50	5,10	4,80	4,50	4,20	4,00
				6,00	5,30	4,70	5,30	4,80	4,30	4,50	4,20	3,80	3,60
				5,30	4,50	4,00	4,70	4,10	3,60	4,00	3,60	3,30	3,00
				4,70	3,90	3,40	4,20	3,60	3,10	3,60	3,10	2,80	2,60
				4,20	3,40	2,90	3,80	3,10	2,70	3,20	2,80	2,40	2,20
				3,80	3,00	2,50	3,40	2,80	2,30	2,90	2,40	2,10	1,90
				3,40	2,60	2,20	3,00	2,40	2,00	2,60	2,10	1,80	1,60
				3,10	2,40	1,90	2,60	2,20	1,80	2,40	1,90	1,60	1,40
<p>Categoría II</p>  <p>2 Lámparas T-12 - Cualquier carga. Para Lámparas T-10, C.U. x 1,02</p>	 <p>18</p>	<p>1,3 x Altura de montaje</p>	 <p>66</p>	8,40	8,10	7,80	7,40	7,20	7,00	6,10	6,00	5,90	5,60
				7,50	7,00	6,50	6,60	6,20	5,90	5,50	5,30	5,10	4,80
				6,60	6,00	5,60	5,90	5,40	5,10	4,90	4,70	4,40	4,20
				5,90	5,20	4,70	5,20	4,70	4,30	4,40	4,10	3,80	3,60
				5,20	4,50	4,00	4,60	4,10	3,70	3,90	3,60	3,30	3,10
				4,70	4,00	3,50	4,20	3,60	3,20	3,60	3,20	2,90	2,70
				4,20	3,50	3,00	3,70	3,20	2,80	3,20	2,80	2,50	2,30
				3,80	3,10	2,60	3,40	2,80	2,40	2,90	2,50	2,20	2,00
				3,40	2,70	2,20	3,00	2,50	2,10	2,60	2,20	1,90	1,70
				3,10	2,40	2,00	2,70	2,20	1,80	2,30	1,90	1,70	1,50
<p>Categoría III</p>  <p>Lámparas T-12 - 430 ó 800 mA. Para Lámparas T-10, C.U. x 1,02</p>	 <p>9</p>	<p>1,3 x Altura de montaje</p>	 <p>74</p>	8,60	8,30	8,00	7,80	7,60	7,30	6,90	6,70	6,60	6,40
				7,50	7,00	6,60	6,90	6,50	6,10	5,80	5,60	5,40	5,10
				6,70	6,00	5,50	6,10	5,60	5,20	5,40	5,10	4,80	4,60
				5,90	5,20	4,70	5,40	4,90	4,40	4,80	4,50	4,10	3,90
				5,20	4,50	3,90	4,80	4,20	3,80	4,30	3,90	3,50	3,30
				4,60	3,90	3,40	4,30	3,70	3,20	3,80	3,40	3,00	2,80
				4,10	3,40	2,90	3,80	3,20	2,80	3,40	3,00	2,60	2,50
				3,70	3,00	2,50	3,40	2,80	2,40	3,10	2,60	2,30	2,10
				3,30	2,60	2,20	3,10	2,50	2,10	2,80	2,30	2,00	1,80
				3,00	2,30	1,90	2,80	2,20	1,80	2,50	2,10	1,70	1,60
<p>Categoría II</p>  <p>3 Lámparas T-12 - 430 ó 800 mA. Para Lámparas T-10, C.U. x 1,02.</p>	 <p>15</p>	<p>1,3 x Altura de montaje</p>	 <p>69</p>	8,50	8,20	7,90	7,60	7,30	7,10	6,40	6,30	6,20	5,90
				7,50	7,00	6,50	6,70	6,30	5,90	5,70	5,50	5,20	5,00
				6,60	6,00	5,50	5,90	5,40	5,00	5,10	4,80	4,50	4,20
				5,90	5,20	4,60	5,20	4,70	4,30	4,50	4,10	3,80	3,60
				5,10	4,40	3,90	4,60	4,00	3,60	4,00	3,60	3,30	3,00
				4,60	3,90	3,30	4,10	3,50	3,10	3,60	3,10	2,80	2,60
				4,10	3,40	2,90	3,70	3,20	2,70	3,20	2,80	2,40	2,30
				3,70	3,00	2,50	3,30	2,70	2,30	2,90	2,40	2,10	1,90
				3,30	2,60	2,10	3,00	2,40	2,00	2,60	2,10	1,80	1,60
				3,00	2,30	1,90	2,70	2,10	1,80	2,30	1,90	1,60	1,40

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>











COEFICIENTES DE UTILIZACION															
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separacion no superior a	Reflectancias												
			COEFICIENTES DE UTILIZACION												
			Cavidad del techo		80 %		50 %		10 %		0 %				
Paredes	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	0 %					
			RCL												
<b>Categoría V</b>  2 Lámparas T-12 430 mA, Para 800 mA, C.U. x 0,96.	 12       60	1,5 x Altura de montaje	1	7,00	5,60	5,30	5,20	5,90	5,70	5,20	5,10	4,90	4,70		
			2	6,00	5,40	5,00	5,30	4,90	4,60	4,50	4,20	4,00	3,70	3,70	
			3	5,20	4,60	4,10	4,60	4,10	3,80	3,90	3,60	3,30	3,10	2,80	2,60
			4	4,60	3,90	3,40	4,10	3,60	3,20	3,50	3,10	2,70	2,40	2,20	2,00
			5	4,00	3,30	2,80	3,20	2,60	2,20	2,70	2,30	2,00	1,80	1,60	1,50
			6	3,60	2,90	2,40	3,20	2,60	2,20	2,70	2,30	2,00	1,70	1,50	1,40
			7	3,20	2,50	2,10	2,90	2,30	1,90	2,50	2,10	1,70	1,50	1,40	1,30
			8	2,90	2,20	1,80	2,60	2,00	1,70	2,20	1,80	1,50	1,30	1,20	1,10
			9	2,60	1,90	1,50	2,30	1,80	1,40	2,00	1,60	1,30	1,10	1,00	0,90
			10	2,30	1,70	1,30	2,10	1,60	1,20	1,80	1,40	1,10	0,90	0,80	0,70
<b>Categoría V</b>  2 Lámparas T-12 430 mA, Lente prismática 30 cm anchura. Para lámparas T-10, C.U. x 1,02	 0       59	1,2 x Altura de montaje	1	6,30	5,10	5,90	5,90	5,80	5,60	5,50	5,40	5,30	5,20		
			2	5,70	5,40	5,10	5,40	5,10	4,90	5,00	4,90	4,70	4,60	4,50	
			3	5,10	4,80	4,40	4,90	4,60	4,30	4,60	4,30	4,00	3,70	3,50	3,40
			4	4,60	4,20	3,90	4,40	4,10	3,80	4,20	3,90	3,70	3,50	3,30	3,20
			5	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,40	3,80	3,50	3,30	3,20	3,00	2,80
			6	3,80	3,40	3,00	3,70	3,30	3,00	3,50	3,20	2,90	2,80	2,60	2,50
			7	3,50	3,00	2,70	3,30	2,90	2,70	3,20	2,90	2,60	2,50	2,30	2,20
			8	3,10	2,70	2,40	3,00	2,60	2,30	2,90	2,60	2,30	2,00	1,90	1,80
			9	2,80	2,40	2,10	2,70	2,30	2,00	2,60	2,30	2,00	1,70	1,60	1,50
			10	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,40	2,00	1,70	1,40	1,30	1,20
<b>Categoría V</b>  2 Lámparas T-12, 430 mA, Lente prismática 60 m anchura. Para lámparas T-10, C.U. x 1,01.	 0       68	1,2 x Altura de montaje	1	7,30	7,10	6,80	6,90	6,70	6,60	6,40	6,20	6,10	6,00		
			2	6,60	6,20	5,90	6,20	5,90	5,70	5,80	5,60	5,50	5,30	5,20	
			3	5,90	5,50	5,10	5,60	5,30	5,00	5,30	5,00	4,80	4,70	4,50	4,40
			4	5,30	4,80	4,50	5,10	4,70	4,40	4,80	4,50	4,30	4,10	4,00	3,90
			5	4,80	4,30	3,90	4,60	4,20	3,90	4,40	4,00	3,80	3,60	3,50	3,40
			6	4,40	3,80	3,40	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,40	3,20	3,00	2,80
			7	3,90	3,40	3,00	3,80	3,30	3,00	3,60	3,20	2,90	2,70	2,50	2,40
			8	3,60	3,00	2,60	3,40	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60	2,30	2,10	2,00
			9	3,20	2,70	2,30	3,10	2,60	2,30	2,90	2,50	2,20	2,00	1,90	1,80
			10	2,90	2,40	2,00	2,80	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00	1,70	1,60	1,50

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>





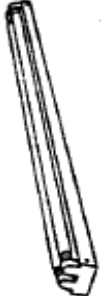

CAP

COEFICIENTES DE UTILIZACION

<p><b>Categoría V</b></p>  <p>4 Lámparas T-12, 430 mA, Lente prismática 60 cm ancha, Para lámparas T-10, C, U, x 1,02.</p>	 <p>0   —   62</p>	<p>1,2 x Altura de montaje</p>	6,60	6,40	6,20	6,20	6,10	5,90	5,80	5,70	5,60	5,50
			6,00	5,60	5,30	5,60	5,40	5,20	5,30	5,10	4,90	4,80
			5,40	5,00	4,60	4,50	4,30	4,30	4,00	4,60	4,50	4,30
			4,90	4,40	4,10	4,60	4,30	4,00	4,40	4,10	3,90	3,80
			4,40	3,90	3,50	4,20	3,80	3,50	4,00	3,70	3,40	3,30
			4,00	3,50	3,10	3,80	3,40	3,10	3,60	3,30	3,10	2,90
			3,60	3,10	2,80	3,50	3,00	2,70	3,30	3,00	2,70	2,60
			3,20	2,80	2,40	3,10	2,70	2,40	3,00	2,60	2,40	2,30
			2,90	2,40	2,10	2,80	2,40	2,10	2,70	2,30	2,10	2,00
			2,70	2,20	1,90	2,60	2,30	1,90	2,50	2,10	1,80	1,70
<p><b>Categoría V</b></p>  <p>6 Lámparas T-12 430 mA, Lente prismática 60 cm ancha, Para lámparas T-10, C, U x 1,05.</p>	 <p>0   —   56</p>	<p>1,2 x Altura de montaje</p>	6,00	5,80	5,60	5,60	5,50	5,40	5,20	5,10	5,00	4,90
			5,40	5,10	4,80	5,10	4,90	4,70	4,80	4,60	4,50	4,40
			4,90	4,50	4,20	4,50	4,30	4,10	4,40	4,10	4,00	3,90
			4,40	4,00	3,70	4,20	3,90	3,60	4,00	3,70	3,50	3,40
			4,00	3,50	3,20	3,80	3,50	3,20	3,60	3,30	3,10	3,00
			3,60	3,20	2,90	3,50	3,10	2,80	3,30	3,00	2,80	2,70
			3,30	2,80	2,50	3,20	2,80	2,50	3,00	2,70	2,50	2,40
			3,00	2,50	2,20	2,80	2,50	2,20	2,70	2,40	2,20	2,10
			2,70	2,20	1,90	2,60	2,20	1,90	2,50	2,10	1,90	1,80
			2,40	2,00	1,70	2,30	2,00	1,70	2,20	1,90	1,70	1,60
<p><b>Categoría V</b></p>  <p>8 Lámparas T-12, 430 mA, Lente prismática 1,20 x 1,20 m, Para lámparas T-10, C, U, x 1,02.</p>	 <p>0   —   55</p>	<p>1,3 x Altura de montaje</p>	5,90	5,70	5,50	5,50	5,40	5,20	5,10	5,00	4,90	4,80
			5,30	5,00	4,70	5,00	4,80	4,60	4,70	4,50	4,40	4,30
			4,80	4,40	4,10	4,50	4,20	4,00	4,30	4,00	3,90	3,80
			4,30	3,90	3,60	4,10	3,80	3,50	3,90	3,60	3,40	3,30
			3,90	3,50	3,10	3,70	3,40	3,10	3,50	3,20	3,00	2,90
			3,50	3,10	2,80	3,40	3,00	2,80	3,20	2,90	2,70	2,60
			3,20	2,80	2,50	3,10	2,70	2,50	2,90	2,60	2,40	2,30
			2,90	2,50	2,20	2,80	2,40	2,20	2,70	2,40	2,10	2,00
			2,60	2,20	1,90	2,50	2,10	1,90	2,40	2,10	1,90	1,80
			2,40	2,00	1,70	2,30	1,90	1,70	2,20	1,90	1,70	1,60
<p><b>Categoría V</b></p>  <p>4 Lámparas T-12, 430 mA, Lente prismática 60 cm ancha, Para lámparas T-10, C, U, x 1,02.</p>	 <p>2   —   51</p>	<p>1,2 x Altura de montaje</p>	5,60	5,40	5,20	5,20	5,00	4,90	4,70	4,60	4,50	4,40
			5,00	4,70	4,50	4,70	4,40	4,20	4,30	4,10	4,00	3,90
			4,50	4,10	3,80	4,20	3,90	3,70	3,90	3,70	3,50	3,40
			4,10	3,6	3,40	3,80	3,50	3,20	3,50	3,30	3,10	3,00
			3,70	3,20	2,90	3,40	3,10	2,80	3,20	2,90	2,70	2,60
			3,30	2,90	2,60	3,10	2,80	2,50	2,90	2,70	2,40	2,30
			3,00	2,60	2,30	2,90	2,50	2,20	2,70	2,40	2,20	2,00
			2,70	2,30	2,00	2,60	2,20	2,00	2,40	2,10	1,90	1,80
			2,50	2,00	1,80	2,30	2,00	1,70	2,20	1,90	1,70	1,60
			2,20	1,80	1,60	2,10	1,80	1,50	2,00	1,70	1,50	1,40

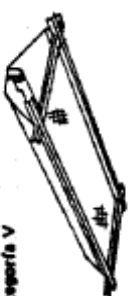






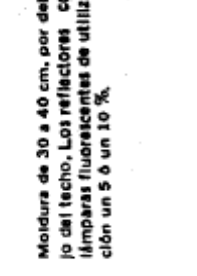
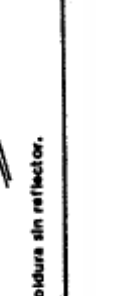
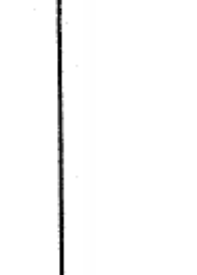
Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>

**COEFICIENTES DE UTILIZACION**

LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separación no superior a	Reflectancias													
			80 %				70 %				50 %					
			COEFICIENTES DE UTILIZACION				COEFICIENTES DE UTILIZACION				COEFICIENTES DE UTILIZACION					
Cavidad del techo		Paredes		50% 30%		10%		50% 30%		10%		50% 30%		10%		
R C L																
<b>Categoría V</b>  2 Lámparas T-12, 430 mA. Envoltura plástica de 30 cm ancho.	 7	1,2 x Altura de montaje	1	6,80	6,50	6,30	6,50	6,30	6,10	6,10	6,00	5,80	5,50	5,20	5,00	4,90
			2	6,00	5,60	5,30	5,80	5,50	5,20	5,20	5,00	4,60	4,30	4,30	4,10	3,80
			3	5,40	4,90	4,50	5,20	4,80	4,50	4,50	4,30	3,90	4,50	4,10	3,80	3,50
			4	4,90	4,30	4,00	4,70	4,30	3,90	3,90	3,70	3,20	3,90	3,50	3,20	2,90
			5	4,40	3,80	3,40	4,30	3,80	3,40	3,90	3,40	3,00	3,70	3,30	2,90	2,60
			6	4,00	3,40	3,00	3,90	3,40	3,00	3,50	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60	2,30
			7	3,60	3,10	2,70	3,50	3,00	2,60	3,20	2,70	2,30	3,00	2,60	2,30	2,00
			8	3,20	2,70	2,40	3,20	2,70	2,30	2,90	2,40	2,00	2,70	2,30	2,00	1,70
			9	2,90	2,40	2,10	2,90	2,40	2,00	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	1,50
			10	2,70	2,20	1,80	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	1,50
<b>Categoría V</b>  2 Lámparas T-12, 430 mA. Envoltura plástica de 60 cm de ancho.	 5.9	1,2 x Altura de montaje	1	6,60	6,40	6,10	6,40	6,20	6,00	6,10	6,00	5,90	5,70	5,50	5,20	4,90
			2	5,90	5,50	5,20	5,70	5,40	5,10	5,50	5,20	4,90	4,90	4,60	4,30	4,00
			3	5,30	4,80	4,50	5,20	4,80	4,40	4,90	4,50	4,10	4,50	4,10	3,80	3,50
			4	4,80	4,30	3,90	4,70	4,20	3,90	4,50	4,10	3,80	4,50	4,10	3,80	3,50
			5	4,30	3,80	3,40	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,30	4,00	3,60	3,30	3,00
			6	3,90	3,40	3,00	3,80	3,40	3,00	3,60	3,20	2,90	3,60	3,20	2,90	2,60
			7	3,50	3,00	2,60	3,40	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60	3,30	2,90	2,60	2,30
			8	3,20	2,70	2,30	3,10	2,60	2,30	3,00	2,60	2,30	3,00	2,60	2,30	2,00
			9	2,80	2,40	2,00	2,80	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00	1,70
			10	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	1,50
<b>Categoría I</b>  2 Lámparas desnudas cualquier carga.	 17	1,6 x Altura de montaje	1	8,30	7,90	7,50	7,90	7,60	7,20	7,30	7,00	6,70	6,50	6,20	5,80	5,40
			2	7,10	6,50	6,00	6,80	6,20	5,70	6,50	5,90	5,50	6,20	5,60	5,20	4,80
			3	6,20	5,50	4,90	5,90	5,30	4,70	5,50	4,90	4,50	5,20	4,60	4,20	3,80
			4	5,50	4,70	4,10	5,20	4,50	3,90	4,80	4,20	3,70	4,50	4,10	3,70	3,30
			5	4,80	4,00	3,40	4,60	3,80	3,30	4,20	3,60	3,10	3,80	3,40	3,10	2,80
			6	4,30	3,50	2,90	4,10	3,30	2,80	3,80	3,10	2,60	3,50	3,10	2,80	2,50
			7	3,80	3,00	2,50	3,60	2,90	2,40	3,40	2,70	2,30	3,20	2,70	2,40	2,10
			8	3,40	2,60	2,10	3,30	2,50	2,10	3,00	2,30	1,80	2,70	2,10	1,90	1,60
			9	3,00	2,30	1,80	3,00	2,30	1,80	2,70	2,00	1,50	2,50	2,10	1,70	1,40
			10	2,80	2,10	1,60	2,70	2,00	1,50	2,50	1,90	1,40	2,30	1,90	1,50	1,20

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>

COEFICIENTES DE UTILIZACION

<p><b>Categoría V</b></p>  <p>1 Lámpara —cualquier carga— lente prismática 60 cm ancho y 30 cm alta.</p>	 <p>1.2 Altura de montaje</p>	<p>1 6,40 6,20 6,00</p> <p>2 5,80 5,50 5,20</p> <p>3 6,20 4,80 4,50</p> <p>4 4,70 4,20 3,90</p> <p>5 4,20 3,70 3,00</p> <p>6 3,80 3,30 3,00</p> <p>7 3,50 3,00 2,60</p> <p>8 3,10 2,60 2,30</p> <p>9 2,80 2,30 2,00</p> <p>10 2,60 2,10 1,80</p>	<p>6,30 6,10 5,90</p> <p>5,70 5,40 5,10</p> <p>4,90 4,70 4,40</p> <p>4,60 4,20 3,90</p> <p>4,20 3,70 3,40</p> <p>3,80 3,30 3,00</p> <p>3,40 3,00 2,60</p> <p>3,10 2,60 2,30</p> <p>2,80 2,30 2,00</p> <p>2,50 2,10 1,80</p>	<p>6,00 5,90 5,70</p> <p>5,50 5,20 5,00</p> <p>4,90 4,60 4,40</p> <p>4,50 4,10 3,80</p> <p>4,00 3,60 3,40</p> <p>3,70 3,20 3,00</p> <p>3,30 2,90 2,60</p> <p>3,00 2,60 2,30</p> <p>2,70 2,30 2,00</p> <p>2,50 2,10 1,80</p>																				
					<p><b>Categoría VI</b></p>  <p>2 Lámparas. Cualquiera carga. Lados opuestos.</p>	 <p>1.5 Altura de montaje</p>	<p>1 6,80 6,50 6,20</p> <p>2 5,90 5,40 5,10</p> <p>3 5,20 4,60 4,20</p> <p>4 4,60 4,00 3,50</p> <p>5 4,00 3,40 3,00</p> <p>6 3,60 3,00 2,60</p> <p>7 3,20 2,60 2,20</p> <p>8 2,90 2,30 1,90</p> <p>9 2,60 2,00 1,70</p> <p>10 2,40 1,80 1,50</p>	<p>5,90 5,60 5,40</p> <p>5,10 4,80 4,40</p> <p>4,50 4,00 3,70</p> <p>4,00 3,50 3,10</p> <p>3,50 3,00 2,60</p> <p>3,10 2,70 2,30</p> <p>2,80 2,30 1,90</p> <p>2,50 2,00 1,70</p> <p>2,30 1,80 1,50</p> <p>2,10 1,60 1,30</p>	<p>4,20 4,10 3,90</p> <p>3,70 3,50 3,20</p> <p>3,20 2,90 2,70</p> <p>2,80 2,50 2,30</p> <p>2,50 2,20 2,00</p> <p>2,20 1,90 1,70</p> <p>1,90 1,60 1,40</p> <p>1,70 1,30 1,10</p> <p>1,50 1,20 1,00</p>															
										<p><b>Categoría VI</b></p>  <p>Techo luminoso. Transmisión 50 %. Reflex-tancia de cavidad 80 %.</p>	 <p>1.5 a 2,0 x Altura de mon-taje sobre el di-fusor</p>	<p>1 4,20 4,00 3,90</p> <p>2 3,70 3,40 3,20</p> <p>3 3,20 2,90 2,60</p> <p>4 2,90 2,50 2,20</p> <p>5 2,50 2,10 1,80</p> <p>6 2,30 1,90 1,60</p> <p>7 2,00 1,70 1,40</p> <p>8 1,80 1,50 1,20</p> <p>9 1,70 1,30 1,00</p> <p>10 1,50 1,20 0,90</p>	<p>6,00 5,80 5,60</p> <p>5,30 4,90 4,50</p> <p>4,70 4,20 3,70</p> <p>4,10 3,60 3,20</p> <p>3,70 3,10 2,70</p> <p>3,30 2,70 2,30</p> <p>2,90 2,40 2,00</p> <p>2,60 2,10 1,80</p> <p>2,30 1,80 1,50</p> <p>2,10 1,70 1,30</p>	<p>5,80 5,60 5,40</p> <p>5,10 4,70 4,30</p> <p>4,50 4,10 3,60</p> <p>3,90 3,50 3,10</p> <p>3,50 3,00 2,60</p> <p>3,10 2,60 2,30</p> <p>2,80 2,30 2,00</p> <p>2,50 2,00 1,70</p> <p>2,30 1,80 1,50</p> <p>2,10 1,60 1,30</p>										
															<p><b>Categoría VI</b></p>  <p>Moldura de 30 a 40 cm. por debajo del techo. Los reflectores con lámparas fluorescentes de utilización un 5 ó un 10 %.</p>		<p>1 4,20 4,00 3,90</p> <p>2 3,70 3,40 3,20</p> <p>3 3,20 2,90 2,60</p> <p>4 2,90 2,50 2,20</p> <p>5 2,50 2,10 1,80</p> <p>6 2,30 1,90 1,60</p> <p>7 2,00 1,70 1,40</p> <p>8 1,80 1,50 1,20</p> <p>9 1,70 1,30 1,00</p> <p>10 1,50 1,20 0,90</p>	<p>6,00 5,80 5,60</p> <p>5,30 4,90 4,50</p> <p>4,70 4,20 3,70</p> <p>4,10 3,60 3,20</p> <p>3,70 3,10 2,70</p> <p>3,30 2,70 2,30</p> <p>2,90 2,40 2,00</p> <p>2,60 2,10 1,80</p> <p>2,30 1,80 1,50</p> <p>2,10 1,70 1,30</p>	<p>5,80 5,60 5,40</p> <p>5,10 4,70 4,30</p> <p>4,50 4,10 3,60</p> <p>3,90 3,50 3,10</p> <p>3,50 3,00 2,60</p> <p>3,10 2,60 2,30</p> <p>2,80 2,30 2,00</p> <p>2,50 2,00 1,70</p> <p>2,30 1,80 1,50</p> <p>2,10 1,60 1,30</p>					
																				<p><b>Categoría VI</b></p>  <p>Moldura sin reflector.</p>		<p>1 4,20 4,00 3,90</p> <p>2 3,70 3,40 3,20</p> <p>3 3,20 2,90 2,60</p> <p>4 2,90 2,50 2,20</p> <p>5 2,50 2,10 1,80</p> <p>6 2,30 1,90 1,60</p> <p>7 2,00 1,70 1,40</p> <p>8 1,80 1,50 1,20</p> <p>9 1,70 1,30 1,00</p> <p>10 1,50 1,20 0,90</p>	<p>6,00 5,80 5,60</p> <p>5,30 4,90 4,50</p> <p>4,70 4,20 3,70</p> <p>4,10 3,60 3,20</p> <p>3,70 3,10 2,70</p> <p>3,30 2,70 2,30</p> <p>2,90 2,40 2,00</p> <p>2,60 2,10 1,80</p> <p>2,30 1,80 1,50</p> <p>2,10 1,70 1,30</p>	<p>5,80 5,60 5,40</p> <p>5,10 4,70 4,30</p> <p>4,50 4,10 3,60</p> <p>3,90 3,50 3,10</p> <p>3,50 3,00 2,60</p> <p>3,10 2,60 2,30</p> <p>2,80 2,30 2,00</p> <p>2,50 2,00 1,70</p> <p>2,30 1,80 1,50</p> <p>2,10 1,60 1,30</p>

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES->

**Tabla del factor de corrección:**

**FACTOR DE CORRECCION PARA REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LA CAVIDAD DEL SUELO DISTINTAS DEL 20 %**

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo en %	80			70			50			10		
Reflectancia de la pared en %	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Relacion de la cavidad del local												
1	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	1.01	1.01	1.01
2	1.07	1.06	1.05	1.06	1.05	1.04	1.04	1.03	1.03	1.01	1.01	1.01
3	1.05	1.04	1.03	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01
4	1.05	1.03	1.02	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00
5	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
6	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
7	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
8	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
9	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
10	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3892103/A61-METODO-DE-LAS-CAVIDADES-ZONALES-CAP>

## Fórmulas utilizadas para el metodo de cavidad zonal

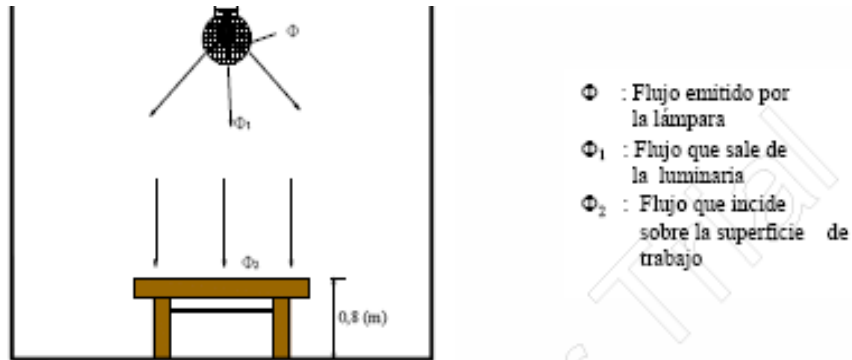


Fig.(6.1) Incidencia del flujo luminoso sobre una superficie

Si consideramos la fig.(6.1), que representa un corte de un ambiente donde una superficie útil a ser iluminada o el plano de la mesa, situada a 0,8 (m) del piso. La iluminación media ( $E$ ) sobre la mesa será:

$$E = \frac{\Phi_2}{S} \quad (6.1)$$

$\Phi_2$ : Flujo luminoso que incide sobre la superficie de trabajo considerada (mesa) en Lúmenes.  
 $S$ : Área de la superficie de trabajo en ( $m^2$ ).

Las lámparas instaladas en la luminaria producen un flujo luminoso total  $\Phi$ . Solamente parte de este flujo sale realmente de la luminaria ( $\Phi_1$ ). El rendimiento de la luminaria sería:

$$\eta = \frac{\Phi_1}{\Phi} \quad (6.2)$$

La relación fig.(6.1) entre el flujo luminoso ( $\Phi$ ) producido por las lámparas y la que realmente incide en la superficie de trabajo ( $\Phi_2$ ) es lo que llamaremos factor de utilización ( $F_U$ ), siendo:

$$F_U = \frac{\text{Flujo luminoso que incide sobre el plano de trabajo } (\Phi_2)}{\text{Flujo luminoso total emitido por las lámparas } (\Phi)} \quad (6.3)$$

Sustituyendo en la ecuación (6.1) los valores de las ecuaciones (6.2) y (6.3), obtenemos un valor de iluminación inicial sobre la superficie de trabajo.

$$E = \frac{\Phi_2}{S} = \frac{F_U \times \Phi}{S} \quad (6.4)$$

La iluminación real de la superficie de trabajo es normalmente inferior al valor calculado por esa relación, debido a varios factores como: