



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

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR E INSTALAR LA CINTA SEÑALIZADORA  
CON DETECTOR METÁLICO, A UTILIZARSE EN LA CANALIZACIÓN TELEFÓNICA Y  
AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN**

**Allan Armando Echeverría Gil**

Asesorado por el Ing. Jorge Mario Muñoz Paz

Guatemala, julio de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR E INSTALAR LA CINTA SEÑALIZADORA  
CON DETECTOR METÁLICO, A UTILIZARSE EN LA CANALIZACIÓN TELEFÓNICA Y  
AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ALLAN ARMANDO ECHEVERRÍA GIL**  
ASESORADO POR EL ING. JORGE MARIO MUÑOZ PAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2013



## 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:

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR E INSTALAR LA CINTA SEÑALIZADORA  
CON DETECTOR METÁLICO, A UTILIZARSE EN LA CANALIZACIÓN TELEFÓNICA Y  
AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha mayo de 2011.

  
**Allan Armando Echeverría Gil**

Guatemala, 22 de junio de 2012

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

Estimado Ing. Urquizú.

Atentamente me dirijo a usted, para someter a su consideración el trabajo de graduación del estudiante universitario Allan Armando Echeverría Gil, previo a obtener el título de Ingeniero Mecánico Industrial.

El trabajo en mención se titula "Diseño de una máquina para fabricar e instalar la cinta señalizadora con detector metálico, a utilizarse en la canalización telefónica y agua potable en el municipio de Amatitlán", he asesorado y revisado el trabajo mencionado, y considero que llena satisfactoriamente los requisitos para su aprobación.

Agradeciendo su atención me suscribo de Ud.

Atentamente,



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jorge Muñoz Paz".

Ing. Jorge Mario Muñoz Paz  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado 5396

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.192.012

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR E INSTALAR LA CINTA SEÑALIZADORA CON DETECTOR METÁLICO, A UTILIZARSE EN LA CANALIZACIÓN TELEFÓNICA Y AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE AMATITLAN**, presentado por el estudiante universitario **Allan Armando Echeverría Gil**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

INGA. KARLA MARTÍNEZ  
Colegiada 5,706

Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas  
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

Guatemala, septiembre de 2012.

/mgp



REF.DIR.EMI.178.013

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 **DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR E INSTALAR LA CINTA SEÑALIZADORA CON DETECTOR METÁLICO, A UTILIZARSE EN LA CANALIZACIÓN TELEFÓNICA Y AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN**, presentado por el estudiante universitario **Allan Armando Echeverría Gil**, 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, junio 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: **DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR E INSTALAR LA CINTA SEÑALIZADORA CON DETECTOR METÁLICO, A UTILIZARSE EN LA CANALIZACIÓN TELEFÓNICA Y AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN**, presentado por el estudiante universitario: **Allan Armando Echeverría Gil**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en funciones

Guatemala, julio de 2013



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Felipe Echeverría Bran e Inés Gil Cruz (q.e.p.d.), por sus instrucciones y enseñanzas.

### **Mi esposa**

Marleny Gil López, por su amor y apoyo incondicional para alcanzar esta meta.

### **Mis hijos**

Keila, Molly y David Echeverría Gil, como ejemplo para su superación.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Dios</b>                       | Por sus bendiciones que me permiten cerrar este ciclo.          |
| <b>Mis hermanos</b>               | Por su paciencia y apoyo durante mis años de estudio.           |
| <b>Ing. Jorge Mario Muñoz Paz</b> | Por su amistad y el tiempo dedicado para asesorar este trabajo. |

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Municipalidad de Amatitlán.....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Descripción .....	2
1.1.3. Historia .....	3
1.1.4. Misión .....	4
1.1.5. Visión .....	4
1.1.6. Valores.....	4
1.1.7. Funcionamiento .....	5
1.1.8. Estructura organizacional .....	5
1.1.9. Organigrama.....	10
1.2. Canalización.....	11
1.2.1. Tipos de canalización .....	11
1.3. Canalización de servicios .....	12
1.3.1. Telecomunicaciones .....	13
1.3.1.1. Telefonía.....	14
1.3.1.2. Control de tránsito.....	17
1.3.1.3. Otras.....	17
1.3.2. Agua potable.....	18

	1.3.2.1.	Tipos de canalizaciones .....	19
	1.3.2.2.	Características físico químicas .....	19
	1.3.2.3.	Tipos de tubería .....	24
1.4.		Detector de metales .....	25
	1.4.1.	Definición .....	26
	1.4.2.	Características técnicas .....	26
	1.4.3.	Tipos de detectores de metales .....	27
1.5.		Cinta señalizadora .....	28
	1.5.1.	Definición .....	28
	1.5.2.	Características técnicas .....	28
	1.5.3.	Tipos de cinta señalizadora .....	29
2.		SITUACIÓN ACTUAL .....	31
	2.1.	Redes telefónicas .....	31
	2.2.	Proceso de construcción de una red telefónica .....	34
	2.2.1.	Canalización .....	34
	2.2.2.	Conexión .....	37
	2.2.3.	Identificación de cables .....	38
	2.2.4.	Prueba eléctrica .....	46
	2.3.	Diseño actual de canalizaciones de agua potable .....	55
	2.3.1.	Canalización .....	55
	2.3.2.	Identificación de tuberías .....	58
	2.3.3.	Prueba hidrostática .....	59
3.		PROPUESTA PARA DISEÑAR LA MÁQUINA .....	67
	3.1.	Materia prima a evaluar .....	67
	3.1.1.	Determinación de la existencia .....	68
	3.2.	Máquina a diseñar .....	68

3.2.1.	Espacio físico .....	69
3.2.2.	Funcionamiento .....	69
3.3.	Planos .....	71
3.4.	Costo de materiales y de construcción de la máquina.....	74
3.5.	Análisis financiero .....	74
3.5.1.	Elementos del costo de fabricación .....	76
3.5.2.	Principio costo beneficio .....	77
3.5.3.	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	77
3.5.4.	Costos de operación .....	78
3.5.4.1.	Mano de obra .....	78
3.5.4.2.	Materiales .....	79
3.5.4.3.	Costos fijos.....	80
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	81
4.1.	Materiales .....	81
4.1.1.	Propiedades técnicas de los materiales .....	82
4.1.1.1.	Dureza .....	82
4.1.1.2.	Flexión .....	82
4.1.1.3.	Factor de seguridad.....	82
4.1.1.4.	Otras propiedades técnicas .....	84
4.2.	Cálculos de elementos mecánicos .....	84
4.2.1.	Discos topes y pasadores .....	84
4.2.2.	Ejes .....	86
4.2.2.1.	Eje de bobina de hilo de cobre .....	87
4.2.2.2.	Eje de bobina de cinta plástica .....	90
4.2.2.3.	Eje de bobina de cinta adhesiva .....	91

4.2.2.4.	Eje de bobina de producto terminado .....	92
4.2.3.	Rodamientos y chumaceras .....	94
4.2.3.1.	Selección de rodamientos y chumaceras .....	95
4.2.4.	Estructura de soporte .....	96
4.2.4.1.	Espesor del material .....	102
4.2.4.2.	Tornillos.....	102
4.2.4.3.	Soldadura.....	104
4.2.5.	Elementos adicionales .....	105
4.2.5.1.	Estructura de soporte de elementos motrices .....	106
4.2.5.2.	Barras tensoras .....	108
4.3.	Fabricación de la máquina .....	108
4.3.1.	Soportes .....	108
4.3.2.	Ejes .....	109
4.3.3.	Guías .....	111
4.3.4.	Montaje de ejes y rodamientos .....	112
4.3.5.	Montaje de la máquina .....	112
4.4.	Rentabilidad del proyecto de la máquina.....	112
4.4.1.	Costos .....	113
4.4.1.1.	Estimación del costo del producto terminado .....	113
4.5.	Manual de operación .....	114
4.6.	Manual de mantenimiento .....	116
5.	IMPACTO AMBIENTAL .....	119
5.1.	Cumplimiento legal .....	119

5.1.1.	Marco legal .....	119
5.1.2.	Entidades gubernamentales involucradas .....	120
5.1.2.1.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) .....	120
5.1.2.2.	Ministerio de Trabajo y Previsión Social (MTPS) .....	120
5.1.2.3.	Municipalidad de Amatitlán .....	121
5.1.3.	Licencias y permisos .....	121
5.2.	Estudio de impacto ambiental.....	121
5.2.1.	Datos generales .....	121
5.2.2.	Introducción .....	122
5.2.3.	Identificación de áreas de influencia .....	123
5.2.4.	Análisis de riesgo del impacto al ambiente .....	124
5.2.5.	Identificación de alternativas .....	124
5.2.6.	Medidas de mitigación.....	125
5.2.6.1.	Plan de contingencia .....	125
5.2.6.2.	Plan de seguridad para la salud humana .....	126
5.2.6.3.	Plan de seguridad ambiental .....	127
5.2.6.4.	Sistema de disposición de desechos .....	127
5.2.7.	Programa de monitoreo ambiental .....	128
6.	MEJORA CONTINUA.....	131
6.1.	Resultados .....	131
6.1.1.	Interpretaciones .....	131
6.1.2.	Alcance .....	131
6.1.3.	Mejora .....	132
6.2.	Estimación de la producción .....	134

6.2.1.	Estadísticas .....	134
6.3.	Reducción de costos operacionales .....	135
6.3.1.	Incrementos de eficiencia .....	137
6.3.2.	Reducción de mermas de materiales .....	137
CONCLUSIONES .....		139
RECOMENDACIONES .....		141
BIBLIOGRAFÍA .....		143
ANEXOS .....		145

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de la Municipalidad de Amatitlán.....	2
2.	Organigrama de la Municipalidad de Amatitlán.....	11
3.	Detector de metales digital.....	26
4.	Tipos de falla, ruptura.....	47
5.	Tipos de falla, hilos invertidos.....	48
6.	Tipos de falla, corto.....	48
7.	Tipos de falla, transposición de hilos entre pares.....	49
8.	Tipos de falla, transposición de pares.....	50
9.	Tipos de falla, ligamento.....	50
10.	Diseño preliminar máquina de fabricación de bobina con elemento metálico.....	72
11.	Isométrico, diseño preliminar máquina de fabricación de bobina con elemento metálico, numeración partes de la máquina .....	73
12.	Cálculo de eje de bobina hilo de cobre .....	88
13.	Eje de bobina cinta plástica.....	91
14.	Eje de cinta adhesiva.....	92
15.	Eje de bobina producto terminado.....	93
16.	Momento de inercia.....	98
17.	Esquema de estructura de la máquina.....	101
18.	Cálculo de tornillos.....	103
19.	Cálculo de soldaduras, dimensiones mínimas y alturas.....	106
20.	Guía de hilo.....	111

## TABLAS

I.	Tipo de canalizaciones y su aplicación.....	20
II.	Tipos de cinta señalizadora.....	29
III.	Herramienta y materiales a utilizar.....	36
IV.	Identificación de cables I.....	39
V.	Identificación de cables II.....	40
VI.	Materiales.....	61
VII.	Dimensiones.....	62
VIII.	Identificación del producto.....	63
IX.	Especificaciones de materiales.....	67
X.	Listado de partes de la máquina.....	73
XI.	Integración de costo, máquina para fabricar cinta señalizadora con detector.....	75
XII.	Costo mano de obra.....	79
XIII.	Costo materiales.....	79
XIV.	Costo mano de obra indirecta.....	80
XV.	Propiedades mecánicas de aceros característicos bajos	
XVI.	en carbono.....	83
XVII.	Cálculo de discos.....	85
XVIII.	Cálculo del peso de los discos.....	86
XIX.	Resumen cálculo de ejes.....	95
XX.	Resumen selección de cojinetes.....	96
XXI.	Cálculo longitud / masa / peso.....	100
XXII.	Cálculo materiales de base.....	102
XXIII.	Determinación de cantidad de rodamientos.....	110
XXIV.	Costo de producto importado.....	114

## GLOSARIO

<b>Bobina</b>	Carrete para devanar o enrollar en él; hilos, alambres, telas, plásticos, etc.
<b>Canalización</b>	De canalizar, abrir canal con el fin de introducir un conducto para direccionar un fluido o cables de un punto a otro.
<b>Chumacera</b>	Pieza de metal donde se aloja un rodamiento, en donde girara un eje de maquinaria.
<b>Motorreductor</b>	Motor eléctrico acoplado directamente a una caja reductora, que da como resultado revoluciones por minuto más bajas y mayores torques.
<b>Rodamiento</b>	Cojinete formado por 2 cilindros concéntricos, entre los que se intercala una corona de bolas o rodillos que pueden girar libremente.
<b>Trifásico</b>	Sistema que consta de 3 fases, en el caso de un motorreductor, que funciona con 3 fases de corriente eléctrica.



## **RESUMEN**

Se plantea el diseño de una máquina, para obtener un producto que satisfice las exigencias de un mercado que se ha desarrollado de forma desordenada, debido a la falta de reglamentos técnicos específicos de cómo realizar acometidas de canalizaciones de forma subterránea.

Al realizar acometidas subterráneas de los diferentes tipos de servicio, estos se realizan sin tener el registro y/o evidencia de otros servicios ya canalizados, por lo que puede existir daño en las acometidas ya canalizadas. Por lo que al producir un producto con el que las canalizaciones se puedan identificar, utilizando para ello un equipo ya existente en el mercado, como un detector de metales, el costo de reparación de acometidas dañadas durante la canalización de un nuevo servicio, se pueden reducir e incluso apoyar para el levantamiento y elaboración de planos de acometidas, útil para las diferentes municipalidades del país.

El trabajo abarca los cálculos para el diseño de máquinas, aplicado a una estructura metálica que es la base de la propuesta.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer el diseño de una máquina, para fabricar e instalar la cinta señalizadora con detector metálico, a utilizarse en la canalización telefónica y agua potable en el municipio de Amatitlán.

### **Específicos**

1. Estimar la producción mensual que se puede obtener con dicha máquina.
2. Comparar el costo de sistemas actuales para determinar el ahorro que representa la construcción de esta máquina.
3. Proveer la cinta señalizadora con detector en un menor tiempo, comparado al producto importado.
4. Demostrar la factibilidad de su construcción, por la fácil adquisición de materiales.
5. Presentar una alternativa viable, para las empresas que realicen canalizaciones en Guatemala.
6. Identificar el impacto ambiental, producto de la construcción e implementación de esta máquina.



## INTRUDUCCIÓN

Las canalizaciones son ampliamente utilizadas en Guatemala, debido al aprovechamiento de los medios subterráneos para conducir tuberías que proveen distintos servicios; tales como las telecomunicaciones, agua potable, drenajes, señal de datos, entre otros.

Empresas trasnacionales dedicadas a las comunicaciones, que se rigen por normas estrictas para mantener las redes siempre en servicio, recurren al uso de una cinta de señalización, que identifica a la empresa y que posee un hilo de cobre pegado, para facilitar la identificación de la canalización, con el apoyo de un detector de metales portátil.

El municipio de Amatitlán, como parte de la introducción o mejora de servicios en sus comunidades, (aldeas, caseríos y colonias), utiliza las canalizaciones subterráneas para poder trasladar los diferentes servicios, hacia estos lugares, por lo que el presentetrabajo de investigación presenta y desarrolla una alternativa de diseño de una máquina; que fabrique e instale un elemento útil en las canalizaciones de servicio.

La utilidad de este elemento metálico, se basa en la fácil identificación de las rutas de acometidas de servicios, para derivar nuevas rutas de abastecimiento y para evitar el daño durante las acometidas posteriores de otros servicios en puntos donde convergen las rutas de canalizaciones de mayor antigüedad, principalmente por la constante introducción o ampliación de diferentes servicios, importante durante el constante desarrollo de las comunidades del municipio de Amatitlán, o bien como una alternativa para el desarrollo de un nuevo producto para las empresas que fabrican cintas adhesivas.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Municipalidad de Amatitlán**

El municipio es una institución de carácter universal, y es considerada como la base sobre la cual descansa el desarrollo de la sociedad. Cuenta con su propia personería jurídica y goza de plena autonomía municipal.

La alcaldía municipal es la unidad encargada de administrar la municipalidad y ejecutar acciones de tipo legislativo y reglamentario que competen al gobierno local.

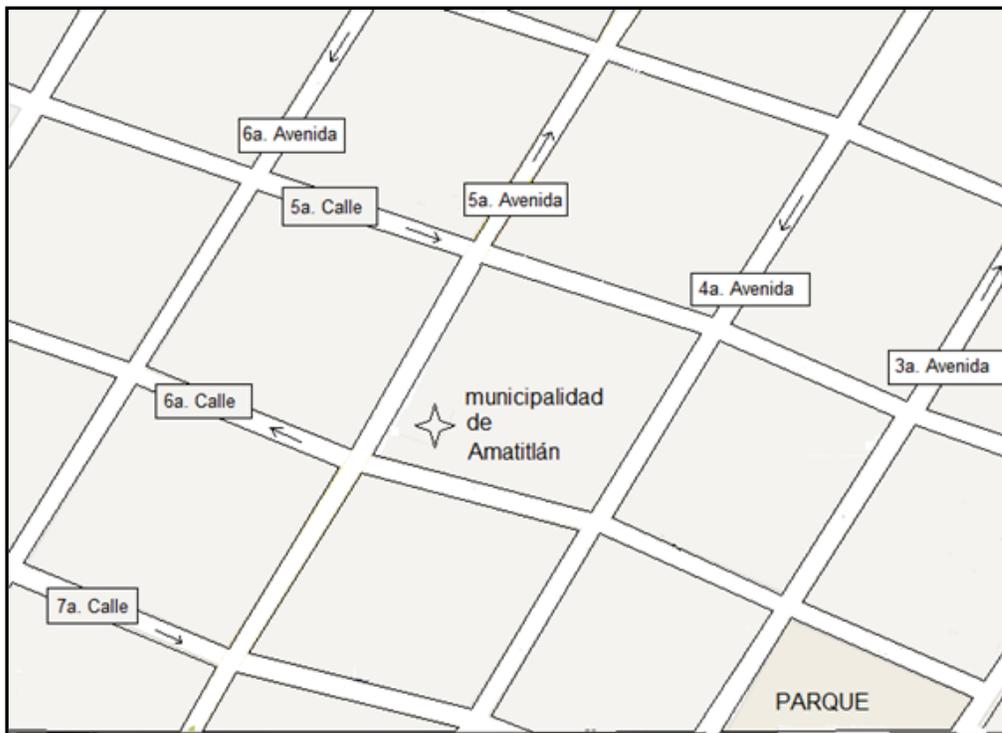
### **1.1.1. Ubicación**

Ubicado a 27 kilómetros al sur de la ciudad capital, situado en un valle, el casco urbano original se encuentra situado entre el río Michatoya y la carretera CA-9, el municipio limita al norte con los municipios de Villa Nueva, Petapa y Villa Canales, al sur, con Palin y San Vicente Pacaya, pertenecientes al departamento de Escuintla y Villa Canales, al oriente nuevamente con Villa Canales y al poniente con Magdalena Milpas Altas y Santa María de Jesús, Sacatepéquez.

Con una latitud de 14°28'42", y una longitud de 90°37'08", con una elevación oficial de 1 189,85 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de la cuenta María Linda que desemboca en el pacífico sur y cuenta con una población de 121 051 habitantes.

La municipalidad se encuentra ubicada en la esquina de la 5ª. avenida y 6ª calle del Barrio San Juan.

Figura 1. **Mapa de ubicación de la Municipalidad de Amatitlán**



Fuente: WWW.Googlemaps.com. Consulta: 02 de enero de 2012.

### 1.1.2. Descripción

Por Decreto Legislativo del 28 de agosto de 1835, Amatitlán tiene la categoría administrativa e histórica de ciudad. Es considerada como ciudad dormitorio, porque más del 50 por ciento de sus habitantes trabaja en la ciudad de Guatemala y otras localidades cercanas, sin embargo, existen muchas industrias que desde la década de 1960 se instalaron en el municipio.

Cuenta con varias vías de acceso asfaltadas, la principal de ellas, es la carretera CA-9 o Autopista al Pacífico, que conecta con la ciudad capital y municipios vecinos como Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa, Mixco (en el departamento de Guatemala), San Vicente Pacaya, Palín y Escuintla (en el departamento de Escuintla).

La mayor parte del municipio es montañoso, solo la ciudad y el caserío El Rincón ocupan terreno plano, los demás poblados quedan sobre estribaciones montañosas.

El municipio de Amatitlán cuenta con un área rural distribuida en 14 aldeas y 15 caseríos, de las 14 aldeas; 12 quedan en el margen oriental del lago de Amatitlán y únicamente 2 sobre el margen occidental: Las Trojes y Agua de las Minas.

El sostenimiento económico y desarrollo del municipio se basa en la agricultura e industria.

### **1.1.3. Historia**

Municipio fundado el 24 de junio de 1549, Amatitlán identificado como un importante asentamiento poqomam que formaba parte de una extensa región con Palín y San Miguel Petapa. Hacia 1520-1525, cuando ocurrió la conquista del territorio guatemalteco por los españoles, comandados por el capitán Pedro de Alvarado.

Originalmente el pueblo de Amatitlán se ubicó en el valle de Pampichi, en el siglo XVII se traslada hacia Tzacualpa, (sitio arqueológico de Amatitlán), y por último se traslada al valle donde se encuentra actualmente.

El 29 de abril de 1935, por acuerdo gubernativo se incorpora a Amatitlán, como municipio del departamento de Guatemala.

El 30 de abril de 1965 fue inaugurado el edificio de la municipalidad en la esquina de la 5ª ave, y 6ª calle del Barrio San Juan, construido con un diseño moderno para su época, incluyendo ambientes para; despacho para alcaldía, secretaría municipal, registro civil, tesorería, aguas y obras, salón de usos múltiples, corredores, pasillos, jardín frontal, parqueo. Este edificio fue construido siendo alcalde municipal el señor José Mamerto Aguilar.<sup>1</sup>

#### **1.1.4. Misión**

“Una administración transparente, con garantía de libertades, incluyente, con mayor participación social, creando infraestructura, sobre todo hacia los sectores más vulnerables, para lograr un crecimiento equitativo y sustentable.”

#### **1.1.5. Visión**

“Fomentar y motivar la participación ciudadana con una esperanza de vida cada vez mejor, permitiendo mejores alternativas de seguridad, cultura y desarrollo, apoyando la preparación continua de cada uno de los habitantes de Amatitlán.”

#### **1.1.6. Valores**

“Equidad y justicia, integridad, respeto, responsabilidad y servicios, prudencia, orden, compromiso, comunicación.”

---

<sup>1</sup> SAMAYOA, Judith. Amatitan (tradiciones), Segunda edición, (2000)

### **1.1.7. Funcionamiento**

Los gobiernos municipales tienen como finalidad garantizar el desarrollo de la comunidad y mantener el bienestar y seguridad de los ciudadanos.

Debe dar cumplimiento a sus fines, entre los que se establece que se debe garantizar la prestación y administración de los servicios públicos municipales a los ciudadanos. La base legal se encuentra contenida en el artículo 72 del Código Municipal, estableciendo como principales servicios los siguientes:

- Servicio de agua y saneamiento.
- Servicio de mercado y rastro municipal.
- Aseo, barrido de calles, recolección de basura, disposición final y tratamiento de desechos sólidos.
- Transporte urbano.
- Administración y mantenimiento de cementerios municipales y autorización de servicios privados.
- Alumbrado público; y
- Energía eléctrica

### **1.1.8. Estructura organizacional**

La Alcaldía Municipal, es la unidad encargada de administrar la municipalidad y ejecutar acciones de tipo legislativo y reglamentario que competen al gobierno local.

Se observa en el organigrama que la alcaldía se encuentra al mismo nivel que el Departamento de Auditoría y de Asesoría, quién tiene a su cargo la

Unidad Técnica, seguidamente tiene bajo su línea de mando al Departamento de Relaciones Públicas, Servicio Social, Secretaria Municipal, Alcaldías Auxiliares, Asuntos Municipales, Recursos Humanos, Tesorería, Registro Civil, Policía Municipal, Oficina de Transporte, Oficina de Obras, Bodega Municipal, Aguas, IUSI, Contabilidad y de Cobros.

El alcalde toma las decisiones y dependiendo del tipo de asunto a ser atendido, les corresponde a los integrantes de las distintas comisiones de trabajo del concejo municipal.

Al alcalde también le corresponde participar en reuniones del Concejo Municipal, así como la coordinación y supervisión de las diferentes comisiones de trabajo. Es importante observar que el alcalde no se integra en ninguna comisión de trabajo.<sup>2</sup>

La autoridad y mando está ejercida por el alcalde, sin embargo, existen acciones de supervisión y control que son ejecutadas por las diferentes comisiones de trabajo del concejo municipal.

Cualquier cambio o toma de decisiones debe ser consultada previamente con el alcalde. Este aspecto ya es del conocimiento de los jefes y subalternos, quienes ya saben de su responsabilidad y obligaciones dentro de la municipalidad.

- **Secretaría Municipal**

Está bajo la supervisión de la alcaldía y actúa como asistente ejecutivo del concejo municipal.

---

<sup>2</sup> Sr. Mainor Orellana, alcalde municipal de Amatitlán, Guatemala Entrevista (13-Febrero-2012)

La secretaría esta integrada por: el secretario, 2 oficiales, 1 secretaria y 1 empleado encargado de servicios varios.

Además de los servicios propios de sus funciones, la secretaría presta los servicios que corresponden al Registro de Vecindad.

- Registro Civil

Esta unidad es la encargada de obtener información del estado civil de la población, actualmente llevan sus controles en libros escritos manualmente.

Los cuales se describen a continuación:

- Asientos de nacimientos
- Reposición partidas de nacimiento
- Rectificaciones de nombres
- Transcripciones de matrimonio ante notarios
- Certificaciones de defunciones
- Rectificaciones partidas de nacimiento
- Certificaciones de matrimonio
- Asientos de mortinatos
- Certificaciones de divorcios
- Asientos extemporáneos
- Certificaciones de negativas
- Ratificaciones partidas de nacimiento
- Inscripción matrimonio civil
- Certificaciones de mortinatos
- Actas registro de extranjerías
- Inscripción de divorcios

- Tutelas
  - Pro-tutelas
  - Capitulaciones matrimoniales
  - Inscripción de adopciones
  - Reconocimiento de hijos
  - Inscripción guardas
  - Inscripción de asociaciones
  - Aviso de matrimonio
  - Certificaciones de soltería
  - Certificaciones literales
  - Anotaciones marginales de matrimonios
  - Certificación de identificación de persona
  - Registros personería jurídica
  - Inscripción de matrimonios municipales.
- Tesorería Municipal

Está bajo la supervisión de la alcaldía, tiene a su cargo además de sus propias funciones las compras y elaboración de nóminas y presupuestos.

Está conformada por 1 tesorero, 1 subjefe de tesorería, 1 encargado de asuntos administrativos, 8 oficiales y 1 encargado de inventario.

Actualmente para fortalecer las finanzas municipales se está implementando el sistema de información de administración financiera, el cual comenzó a funcionar a partir de julio del 2002.

- Unidad de Planificación Municipal

Esta unidad cuenta con una persona como jefe, un asesor de proyectos y una secretaria.

De acuerdo con la estructura orgánica actual la Unidad Técnica depende del Departamento de Asesoría y da apoyo en materia de desarrollo socioeconómico y modernización administrativa, tanto al concejo municipal como a las personas y representantes comunitarios involucrados en los procesos de cambio.

- Departamento de Catastro

De acuerdo a la estructura organizacional de la municipalidad, depende directamente de la alcaldía y está jerárquicamente ubicado al mismo nivel del Departamento de Aguas, Contabilidad y Cobros.

La creación del Departamento de Catastro, ha contribuido al desarrollo del municipio, ya que con el porcentaje que le corresponde a la municipalidad se ha utilizado para cubrir parte del presupuesto de funcionamiento.

Este departamento fue creado conforme al Acuerdo del Ministerio de Finanzas Públicas, para cumplir con las disposiciones contenidas en la Ley del Impuesto Único Sobre Inmuebles (IUSI), Decreto 15-98 del Congreso de la República de Guatemala.

- Departamento de Cobros

Se encuentra al mismo nivel que el Departamento de contabilidad. Es aquí donde se recaudan los Ingresos por servicios de agua potable, IUSI, negocios varios, contratos, títulos y reposiciones e ingresos varios.

- Juzgado de Asuntos Municipales

Es el encargado de la ejecución de las ordenanzas y del cumplimiento de sus disposiciones, resoluciones, acuerdos y reglamentos emitidos por el concejo municipal.

- Oficina Rural

Fue creada con la finalidad de tener una mejor comunicación y acercamiento con las comunidades rurales y los diferentes barrios del municipio.

Da asesoría a los alcaldes auxiliares urbanos y rurales, así como a los diferentes comités y asociaciones del municipio. En teoría ésta oficina facilita la relación con las comunidades del área rural, aunque en la práctica ésta aún no cumple con el rol establecido.

### **1.1.9. Organigrama**

La estructura de los diferentes departamentos, unidades y áreas que funcionan dentro de la municipalidad de Amatlán, se resume en la figura 2.

## 1.2. Canalización

En ingeniería, se denomina canalización a la instalación de tubería para diferentes tipos de servicios, como la telefonía, agua potable, aguas negras, etc.

La canalización de servicios más utilizada en el municipio de Amatitlán, es la canalización subterránea, es decir la instalación de tuberías bajo tierra, comúnmente conducida a un costado de las vías (carreteras o calles), que se dirigen hacia el lugar donde se quiere hacer llegar el servicio canalizado.

Figura 2. Organigrama de la Municipalidad de Amatitlán



Fuente: Municipalidad de Amatitlán, 2012.

### 1.2.1. Tipos de canalización

La clasificación de los tipos de canalización, se realiza según los aspectos a considerar desde la planificación de la acometida, considerando los factores ambientales que afecten la integridad de la canalización.

- Clasificación de acuerdo a su construcción:
  - Canalización abierta (ej. cunetas)
  - Canalización cerrada (ej. tubería)
  
- Además se puede clasificar de acuerdo al material a transportar o conducir:
  - Eléctrico
  - Hidráulico
  - Telefónico
  - Drenajes
  
- También se puede clasificar de acuerdo al material de la canalización, que puede ser de:
  - Ductos de cemento
  - Ductos de pvc / cpvc
  - Ducto metálico (galvanizado o hierro negro)

### **1.3. Canalización de servicios**

La canalización de servicios es toda infraestructura dedicada a la conducción a diferentes puntos y la protección de conexiones o derivaciones de servicios, por ejemplo: agua, electricidad y telecomunicaciones.

### 1.3.1. Telecomunicaciones

La telecomunicación (comunicación a distancia), del prefijo griego *tele*, distancia y del latín *communicare*, es una técnica consistente en transmitir un mensaje desde un punto a otro, normalmente con el atributo típico adicional de ser bidireccional.

El término telecomunicación cubre todas las formas de comunicación a distancia, incluyendo radio, telegrafía, televisión, telefonía, transmisión de datos e interconexión de computadoras a nivel de enlace.<sup>3</sup> Con esto se define a las telecomunicaciones como toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, datos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de cables, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos.

La base matemática sobre la que se desarrollan las telecomunicaciones, fue desarrollada por el físico escocés James Clerk Maxwell. Maxwell, en el prefacio de su obra *Treatise on Electricity and Magnetism* (1873), declaró que su principal tarea consistía en justificar matemáticamente conceptos físicos descritos hasta ese momento de forma únicamente cualitativa, como las leyes de la inducción electromagnética y de los campos de fuerza, enunciadas por Michael Faraday. Con este objeto, introdujo el concepto de onda electromagnética, que permite una descripción matemática adecuada de la interacción entre electricidad y magnetismo, mediante sus célebres ecuaciones que describen y cuantifican los campos de fuerzas. Maxwell predijo que era posible propagar ondas por el espacio libre, utilizando descargas eléctricas, hecho que corroboró Heinrich Hertz en 1887, ocho años después de la muerte

---

<sup>3</sup> Céspedes Babilón, K. Las telecomunicaciones, la tecnología de información y el derecho. (Junio-2004)

de Maxwell, y que, posteriormente, supuso el inicio de la era de la comunicación rápida a distancia. Hertz desarrolló el primer transmisor de radio generando radiofrecuencias entre 31 mega Hertz y 1,25 giga Hertz.

La serie de ondas y pulsos eléctricos que representan información, conforman lo que se denomina la señal, la cual atraviesa por un camino conductor de electricidad para el caso de los alámbricos; en el caso de la fibra óptica, los pulsos no son eléctricos sino luminosos y el medio es conductor de la luz. En el caso de los medios inalámbricos la señal viaja a través del aire o el vacío, sin requerir un medio físico. El medio que se extiende desde el transmisor hasta el receptor conforma el citado enlace entre los dos extremos.

Para algunas ocasiones, este se forma de diversos tramos sobre medios diferentes, ejemplo de ello se da cuando se tiene un enlace total entre cable de cobre y de fibra óptica en la red telefónica local. Existen varios términos que también se refieren al enlace, tales como canal y circuito; los cuales son usados de forma indistinta.

Por lo que el canal tiene que ver principalmente con el enlace lógico y que circuito se refiere al enlace físico que tiene canal de ida y canal de regreso.

#### **1.3.1.1. Telefonía**

Desde su concepción original se han ido introduciendo mejoras sucesivas, tanto en el propio aparato telefónico como en los métodos y sistemas de explotación de la red.

En lo que se refiere al propio aparato telefónico, se pueden señalar varias cosas:

- La introducción del micrófono de carbón, que aumentaba de forma considerable la potencia emitida, y por tanto el alcance máximo de la comunicación.
- El dispositivo antilocal *Luink*, para evitar la perturbación en la audición causada por el ruido ambiente del local, donde está instalado el teléfono.
- La marcación por pulsos mediante el denominado disco de marcar.
- La marcación por tonos multifrecuencia.
- La introducción del micrófono de electret, micrófono de condensador, prácticamente usado en todos los aparatos modernos, que mejora de forma considerable la calidad del sonido.

En cuanto a los métodos y sistemas de explotación de la red telefónica, se pueden señalar:

- La telefonía fija o convencional, que es aquella que hace referencia a las líneas y equipos que se encargan de la comunicación entre terminales telefónicos no portables, y generalmente enlazados entre ellos o con la central por medio de conductores metálicos.
- La central telefónica de conmutación manual para la interconexión mediante la intervención de un operador/a de distintos teléfonos (*Harland*), creando de esta forma un primer modelo de red.
- La introducción de las centrales telefónicas de conmutación automática, constituidas mediante dispositivos electromecánicos, de las que han

existido, y en algunos casos aún existen, diversos sistemas (sistema de conmutación *rotary*, conmutador de barras cruzadas y otros más complejos).

- Las centrales de conmutación automática electromecánicas, pero controladas por computadora.
- Las centrales digitales de conmutación automática totalmente electrónicas y controladas por ordenador, la práctica totalidad de las actuales, que permiten multitud de servicios complementarios al propio establecimiento de la comunicación (los denominados servicios de valor añadido).
- La introducción de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) y las técnicas DSL o de banda ancha (ADSL, HDSL, etc.), que permiten la transmisión de datos a más alta velocidad.
- La telefonía móvil o celular, que posibilita la transmisión inalámbrica de voz y datos, pudiendo ser estos a alta velocidad en los nuevos equipos de tercera generación.

Existen casos particulares en telefonía fija, en los que la conexión con la central se hace por medios radioeléctricos, como es el caso de la telefonía rural mediante acceso celular, en la que se utiliza parte de la infraestructura de telefonía móvil, para facilitar servicio telefónico a zonas de difícil acceso para las líneas convencionales de hilo de cobre. No obstante, estas líneas a todos los efectos se consideran como de telefonía fija.

### **1.3.1.2. Control de tránsito**

Las centrales telefónicas o centrales de conmutación, son las encargadas de proporcionar las funciones para poder realizar una llamada, de las cuales, la más importante es la de conexión o conmutación de los abonados emisor y receptor.

### **1.3.1.3. Otras**

Abonados y enlaces.

Al equipo de conmutación de una central telefónica se conectan: abonados y circuitos de unión con otras centrales telefónicas (enlaces). Por un enlace concreto y en un instante determinado, solamente puede cursarse una comunicación.

Los enlaces que pueden establecer comunicaciones en ambas direcciones, se denominan enlaces bidireccionales. Un enlace bidireccional puede establecer comunicaciones en direcciones contrarias, pero nunca simultáneamente.

Los enlaces que están especializados en cursar comunicaciones que se establecen en una determinada dirección, y sólo en esa, se denominan enlaces unidireccionales.

Tipos de llamadas.

Los distintos tipos de llamadas que pueden existir son los siguientes:

- Si un abonado de la central llama a un abonado que también es de la central, el equipo ha de efectuar la conexión de ambos abonados. Esta llamada se denomina llamada local.

- Si un abonado de la central, llama a un abonado que no es de la central, el equipo de conmutación ha de efectuar la conexión entre dichos abonados y cualquiera de los enlaces de salida libres que encaminan la llamada hacia la central, donde se conecta el abonado llamado, ya sea directamente, ó a través de otras centrales intermedias. Esta llamada se denomina llamada saliente.
- Si un abonado que no es de la central, llama a un abonado de la central, el equipo de conmutación ha de efectuar la conexión entre el enlace de llegada por el que se presenta la llamada en la central y el abonado llamado. Esta llamada se denomina llamada entrante o llamada de llegada.
- Una llamada entre 2 abonados, que no pertenecen a la central, pero que hace tránsito en la central. La llamada se presenta por un enlace de llegada y la misión del equipo de conmutación, es efectuar la conexión entre dicho enlace de llegada y uno cualquiera de los enlaces de salida libres que encaminen la llamada hacia la central donde se conecta el abonado llamado, guiado por los números iniciales asignados al telefono. Esta llamada se denomina llamada de tránsito.

### **1.3.2. Agua potable**

Se llama agua potable, al agua que se puede consumir o beber sin que exista peligro para la salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar la salud.

Por eso, antes de que el agua llegue a las casas, es necesario que sea tratada en una planta potabilizadora. En estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano.

Desde las plantas potabilizadoras, el agua es enviada hacia las casas a través de una red de tuberías que se llaman red de abastecimiento o red de distribución de agua.

#### **1.3.2.1. Tipos de canalizaciones**

La altura mínima de relleno, desde el nivel del terreno depende de los siguientes factores: dimensión de la zanja, número y disposición de los ductos a canalizar, distancia de la superficie de rodadura de personas, automóviles o cualquier otro equipo móvil, pero principalmente del tipo de canalización. El material de construcción del conducto, define no solo las presiones de trabajo internas de acuerdo al fluido o material a canalizar, también aporta la resistencia a las cargas perpendiculares.

En la tabla I, se describen los tipos de canalización según el material de fabricación de la tubería y la misma asociada a la aplicación recomendada de acuerdo a la experiencia de los constructores de canalizaciones y a la recomendación de los fabricantes de los diferentes tipos de ductos.

#### **1.3.2.2. Características físico químicas**

El agua cruda que es usada para la producción de agua potable, contiene moléculas de hidrógeno y oxígeno, además de otras sustancias. Una de las propiedades esenciales del agua, es que puede disolver fácilmente ciertas sustancias. El agua que cae a la tierra por la lluvia disuelve una gran variedad

de sustancias en, partículas y gases como el oxígeno, que puede encontrarse en el aire.

Tabla I. **Tipo de canalizaciones y su aplicación**

<b>TIPO</b>	<b>APLICACIÓN</b>
Concreto	Toda aplicación
PVC-Poli cloruro de Vinilo	Tubos y accesorios para redes de distribución de agua potable, evacuación de aguas residuales y pluviales, drenaje y acometidas generales de redes de riego.
PE – Polietileno	Tubos y accesorios para redes de distribución de agua potable, gas, sistemas de riego, aplicaciones agrícolas, canalización eléctrica
PRFV - Poliéster Reforzado con fibra de vidrio	Tubos y accesorios de grandes diámetros para redes de abastecimiento de agua, alcantarillado, drenaje y aplicaciones industriales.
PP – Polipropileno	Para conducciones de saneamiento, evacuación de aguas pluviales y canalizaciones sin presión.
PE-X/Al/PE-X y PERT/Al/PERT tubos multicapa	Tuberías empleadas para instalaciones sanitarias, conducción de agua fría y caliente, sistemas de calefacción convencional y suelo radiante, conducciones de climatización y aplicaciones industriales.

Continuación de la tabla I.

PEX - Polietileno reticulado	Tuberías empleadas para instalaciones sanitarias, conducción de agua fría y caliente, sistemas de calefacción convencional y suelo radiante, conducciones de climatización y aplicaciones industriales.
PP-R - Polipropileno (copolímero)	Tuberías utilizadas en instalaciones sanitarias y conducciones de climatización.
PB – Polibutileno	Tubos y accesorios de PB para instalaciones de fontanería y calefacción.

Fuente: elaboración propia. Consulta Manual Técnico PAVCO.

También los contaminantes presentes en el aire, se disuelven por el agua de lluvia. Cuando el agua de escorrentía fluye por la tierra, también disuelve gran cantidad de compuestos como partículas de arena, materia orgánica, microorganismos y minerales. El agua que se filtra en el suelo y forma las aguas subterráneas como el agua contenida en acuíferos, generalmente tienen una gran cantidad de minerales disueltos, como resultado del contacto con el suelo y las rocas. Las actividades humanas, como son la agricultura y la industria, generan gran cantidad de contaminantes que luego se descargan a las aguas residuales.

El agua tiene la capacidad de auto depurarse. Los contaminantes son eliminados del agua mediante procesos biológicos. Cuando el agua se sedimenta en la tierra o las capas subterráneas, se produce la filtración natural del agua. Los contaminantes se descomponen, o se mantendrán en las capas subterráneas. La capacidad de autodepuración del agua no es suficiente para

producir agua apta para consumo humano. Además existe gran cantidad de contaminantes introducidos en las aguas, debido a las actividades agrícolas o industriales.

En 1970 se descubrió que las emisiones y descargas de aguas residuales industriales y agrícolas, eran las fuentes causantes de la contaminación. Después se empezaron a aplicar medidas de control y prevención de la contaminación. Las aguas residuales deben cumplir con ciertos requerimientos y estándares legales antes de su descarga, por esta razón el agua debe de ser tratada antes de su descarga.

A pesar de estas medidas, el agua generalmente necesita tratarse para poder ser agua apta para consumo humano, y cumplir con las exigencias legales que regulan la materia, desde el punto de vista de estándares físicos, bacteriológicos y químicos. El agua no debería de contener olores o sabores, y debe ser agua clara y químicamente estable (ej. sin compuestos corrosivos).

El tipo de tratamiento que necesita el agua, depende en gran medida de la composición y calidad de la misma. El tratamiento se basa fundamentalmente en estos 2 procesos: eliminación física de partículas sólidas, principalmente minerales, materia orgánica y desinfección química para eliminar los microorganismos existentes en el agua, que se realiza por medios físicos y químicos.

La desinfección se logra mediante desinfectantes químicos y/o físicos. Estos agentes también extraen contaminantes orgánicos del agua, que son nutrientes o cobijo para los microorganismos. Los desinfectantes no solo deben matar a los microorganismos sino que deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la

desinfección, para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando mayor contaminación del agua.

- Compuestos químicos para tratamiento del agua son:

- Cloro (Cl)
- Dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>)
- Hipoclorito (OCl<sup>-</sup>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Halógenos: bromo (Br<sub>2</sub>), Iodo (I)
- Cloruro de bromo (BrCl)
- Metales: cobre (Cu<sup>2+</sup>), plata (Ag<sup>+</sup>)
- Permanganato potasico (KMnO<sub>4</sub>)
- Fenoles
- Alcoholes
- Jabones y detergentes
- Sales de amonio
- Peróxido de hidrógeno

- Compuestos físicos para la desinfección del agua:

- Luz Ultravioleta (UV)
- Radiación electrónica
- Rayos Gamma
- Calor

### 1.3.2.3. Tipos de tubería

Dependiendo del tipo de material del que está constituido el conducto, sus características, ventajas y desventajas variarán en función de su utilidad, de la actividad del suelo, de la climatología y del lugar en el que se coloque.

- Tuberías de hierro dúctil: este material se produce al tratar el hierro fundido con una base de azufre baja y agregándole magnesio en condiciones estrictamente controladas. El resultado es una tubería más resistente a la tensión, los golpes, los cambios de temperatura y la corrosión.
- Tuberías de hierro: fue la primera solución por la que se optó a la hora de sustituir los antiguos conductos de plomo. Este material ofrece una gran resistencia, lo que convierte su manipulación en una difícil tarea. Al contrario que el hierro dúctil, ofrece una menor flexibilidad y resistencia.
- Tuberías de cobre: su proceso de fabricación permite obtener tuberías con paredes lisas y tersas. Además, para la conducción de fluidos sólo es necesario un mínimo de medidas de presión. Éste es uno de los materiales más utilizados por su gran resistencia ante la corrosión, dureza y gran flexibilidad.
- Tuberías de PVC: las hay de todos los tamaños y con varios accesorios. Estas ventajas unidas al reducido precio con respecto a los de las anteriores, las convierten en el material perfecto. El PVC puede adaptarse y colocarse fácilmente en cualquier toma de agua del hogar.

- Tuberías de polipropileno: es el producto de numerosas investigaciones para conseguir un elemento atóxico y que otorgue las mejores cualidades: resistencia, flexibilidad, manejabilidad, etc.

#### **1.4. Detector de metales**

Es el instrumento que mediante una serie de impulsos electromagnéticos, es capaz de detectar objetos metálicos. Se usan como medio de seguridad, búsqueda de minas o en la búsqueda arqueológica de objetos.

Sus primeros usos fueron a nivel militar para detectar la presencia de minas terrestres, minas antipersonas o cualquier otro sistema explosivo que tuviera metal. Se emplean en seguridad en aeropuertos o lugares de vigilancia especial. También se utilizan en la industria civil, para la detección de cables eléctricos, tuberías de agua etc. En la actualidad, su uso se extiende entre los aficionados a la detección de tesoros y reliquias antiguas.

Existe un gran mercado de aparatos especializados en la búsqueda de oro, monedas antiguas o reliquias arqueológicas, siendo un mercado floreciente tanto en América como en Europa, pero la utilización de estos instrumentos de detección, en ocasiones, puede ser conflictiva con las Leyes del Patrimonio Histórico de algunos países.

Desde la década de 1970 comenzó a hacerse cada vez más frecuente el uso de esta tecnología para el control de calidad de los productos en las industrias farmacéutica y alimenticia, siendo actualmente este tipo de inspección un requisito para muchas de las operaciones comerciales de exportación o importación de alimentos y medicamentos. Los detectores de

metales permiten inspeccionar todo tipo de productos, asegurando que estén libres de contaminación con partículas metálicas o magnéticas de cualquier tipo.

#### **1.4.1. Definición**

Un detector de metales es el instrumento que mediante una serie de impulsos electromagnéticos, es capaz de detectar objetos metálicos.

Figura 3. **Detector de metales digital**



Fuente: OKM Ortungstechnik GmbH, 2007.

#### **1.4.2. Características técnicas**

Características mecánicas: S-rod con cubierta electrónica montada en el mango, todo el conjunto se desglosa en 3 piezas. Las baterías se ubican bajo el soporte del codo. El ajuste del brazo ofrece 2 formas - adelante / atrás y alrededor de antebrazo.

- Plato de búsqueda: plato abierto doble-D elíptico, impermeable.
- Baterías: 4 AA's, alcalino o NiMH
- PESO: Hasta 3,5 libras (1,6 kg) con baterías alcalinas instaladas.

- Equilibrio estático: da una fuerza en plano vertical normal de 0,47 libras (0,21 kg). que puede diferir según el ajuste y postura del brazo /mano.
- Cancelación de tierra
- Lectura de Mineralización: permite una cancelación manual de la tierra de 0-99. Indica en una barra gráfica la concentración de mineral.
- Frecuencia de trabajo variable
- Frecuencia: 13KHz nominal, con cristal de cuarzo.
- Sensibilidad básica: 5 x 10<sup>9</sup> root Hertz (detectado).
- Coeficiente de retardo: 70 milisegundos.
- Reactive overload: aproximadamente 10000 unidades de micro-cgs.
- Resistive overload: aproximadamente 1200 unidades de micro-cgs.
- Rango de cancelación de tierra: desde ferrita a sal, ambos incluidos.
- Rango temperatura de trabajo: -4 Grados F a +122 Grados F (- 20 Grados C a +50 grado C).
- Rango de humedad: del 0% al 90%.

### **1.4.3. Tipos de detectores de metales**

Existen varios tipos de detectores de metales. Uno de ellos es el detector de pulso inducción, un aparato activo que emite señales electromagnéticas bastante fuertes, de entre 450 a 1 000 Hertz, las que penetran en los suelos.

En caso de encontrar un metal, el detector suena, ya que éste produce una diferencia de fase que se registra en la electrónica del detector, que se manifiesta como una señal sonora que avisa la presencia de metal. Este aparato consume alrededor de 160 a 200 miliamperios por hora, lo que lo obliga a contar una fuente energética bastante potente, y así poder emitir las señales electromagnéticas a unos 4 metros de profundidad en el suelo.

Existe otro tipo de detector de metales, los denominados lúdicos o VLF, que a diferencia del detector de pulso inducción, consume tan sólo entre 30 y 40 miliamperios por hora, por lo tanto, resulta bastante lógico que la profundidad de penetración de sus ondas sea reducida, alcanzando sólo los 25 a 30 primeros centímetros de profundidad.

## **1.5. Cinta señalizadora**

Para señalar cada una de las tuberías, usualmente se requiere la especificación en la tubería, del material que transporta, lo cual puede ser por un color determinado o bien por etiquetado de texto,

### **1.5.1. Definición**

Cinta o malla colocada en el piso, por encima de un circuito a fin de advertir de su proximidad.

### **1.5.2. Características técnicas**

Está disponible en bobinas de 15 centímetros y 30 centímetros de ancho, llevando impreso a su vez el logotipo de la empresa propietaria de la canalización (principalmente en la aplicación en telecomunicaciones), junto a un mensaje que describe el servicio de telecomunicaciones que discurre en la canalización.

Existe la posibilidad de añadir a la cinta un hilo metálico (de cobre) para su detección.

El hilo metálico deberá tener suficiente espesor para ser detectado por el equipo propuesto.

### 1.5.3. Tipos de cinta señalizadora

Existen diferentes tipos de cinta señalizadora, la que se clasifica según el material canalizado o conducido a través de la tubería señalizada, la tabla II, muestra los diferentes tipos de cinta señalizadora que se encuentra en el mercado.

Tabla II. Tipos de cinta señalizadora

Descripción
Cinta señalizadora ozono, verde 15 centímetros
Cinta señalizadora agua potable, azul 15 centímetros
Cinta señalizadora agua reciclada, morada 15 centímetros
Cinta señalizadora telecomunicaciones, verde 15 centímetros
Cinta señalizadora eléctrica, amarilla 15 centímetros
Cinta señalizadora Iberdrola, amarilla 15 centímetros
Cinta señalizadora unión fenosa, amarilla 15 centímetros
Cinta señalizadora alumbrado exterior, amarilla, 15 centímetros
Cinta señalizadora gas, amarillo 40 centímetros

Fuente: elaboración propia.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Redes telefónicas**

La red telefónica es la de mayor cobertura geográfica, la que mayor número de usuarios tiene, y ocasionalmente se ha afirmado que es el sistema más complejo del que dispone la humanidad. Permite establecer una llamada entre 2 usuarios en cualquier parte del planeta de manera distribuida, automática, prácticamente instantánea. Este es el ejemplo más importante de una red con conmutación de circuitos.

Una llamada iniciada por el usuario origen, llega a la red por medio de un canal de muy baja capacidad, el canal de acceso, dedicado precisamente a ese usuario denominado línea de abonado. En un extremo de la línea de abonado se encuentra el aparato terminal del usuario (teléfono o fax) y el otro está conectado al primer nodo de la red, que en este caso se llamó central local. La función de una central, consiste en identificar en el número seleccionado, la central a la cual está conectado el usuario destino y enrutar la llamada hacia dicha central, con el objeto que ésta le indique al usuario destino, por medio de una señal de timbre, que tiene una llamada.

Al identificar la ubicación del destino reserva una trayectoria entre ambos usuarios para poder iniciar la conversación. La trayectoria o ruta no siempre es la misma en llamadas consecutivas, ya que ésta depende de la disponibilidad instantánea de canales entre las distintas centrales.

Existen 2 tipos de redes telefónicas; las redes públicas que a su vez se dividen en red pública móvil y red pública fija. Y también existen las redes telefónicas privadas que están básicamente formadas por un conmutador.

Las redes telefónicas públicas fijas, están formadas por diferentes tipos de centrales que se utilizan, según el tipo de llamada realizada por el usuario, éstas son:

- CCA – Central con Capacidad de Usuario
- CCE – Central con Capacidad de Enlace
- CTU – Central de Transito Urbano
- CTI – Central de Transito Internacional
- CI – Central Internacional
- CM – Central Mundial

Es evidente que por la dispersión geográfica de la red telefónica y de sus usuarios, existen varias centrales locales, las cuales están enlazadas entre sí por medio de canales de mayor capacidad, de manera que cuando ocurran situaciones de alto tráfico, no haya un bloqueo entre las centrales. Existe una jerarquía entre las diferentes centrales que le permite a cada una de ellas enrutar las llamadas, de acuerdo con los tráficos que se presenten.

Los enlaces entre los abonados y las centrales locales, son normalmente cables de cobre, pero las centrales pueden comunicarse entre sí por medio de enlaces de cable coaxial, de fibras ópticas o de canales de microondas.

En caso de enlaces entre centrales ubicadas en diferentes ciudades, se usan cables de fibras ópticas y enlaces satelitales, dependiendo de la distancia que se desee cubrir. Como las necesidades de manejo de tráfico de los canales

que enlazan centrales de los diferentes niveles jerárquicos, aumentan conforme incrementa el nivel jerárquico, también las capacidades de los mismos deben ser mayores en la misma medida; de otra manera, aunque el usuario pudiese tener acceso a la red por medio de su línea de abonado, conectada a una central local, su intento de llamada sería bloqueado por no poder establecerse un enlace completo hacia la ubicación del usuario destino.

La red telefónica está organizada de manera jerárquica. El nivel más bajo (las centrales locales) está formado por el conjunto de nodos a los cuales están conectados los usuarios. Le siguen nodos o centrales en niveles superiores, enlazados de manera tal, que a mayor jerarquía, mayor capacidad de enlace. Con esta arquitectura se proporcionan a los usuarios diferentes rutas para colocar sus llamadas, que son seleccionadas por los mismos nodos, de acuerdo con criterios preestablecidos, tratando de que una llamada no sea enrutada, más que por aquellos nodos y canales estrictamente indispensables para completarla (se trata de minimizar el número de canales y nodos por los cuales pasa una llamada para mantenerlos desocupados en la medida de lo posible).

Asimismo existen nodos (centrales) que permiten enrutar una llamada hacia otra localidad, ya sea dentro o fuera del país. Este tipo de centrales se denominan centrales automáticas de larga distancia. El inicio de una llamada de larga distancia es identificado por la central por medio del primer dígito (en México, un 9), y el segundo dígito le indica el tipo de enlace (nacional o internacional; en este último caso, le indica también el país de que se trata). A pesar de que el acceso a las centrales de larga distancia, se realiza en cada país por medio de un código propio, éste señala sin lugar a dudas, cuál es el destino final de la llamada. El código de un país, es independiente del que origina la llamada.

Cada una de estas centrales telefónicas, están divididas a su vez en 2 partes principales:

- Parte de control
- Parte de conmutación

La parte de control, se lleva a cabo por diferentes microprocesadores, los cuales se encargan de enrutar, direccionar, limitar y dar diferentes tipos de servicios a los usuarios.

La parte de conmutación se encarga de las interconexiones necesarias en los equipos para poder realizar las llamadas.

## **2.2. Proceso de construcción de una red telefónica**

El proceso de construcción de redes telefónicas, se puede dividir en 2 grandes actividades: en primer lugar las canalizaciones y demás obras civiles externas y en segundo lugar, la construcción de las redes, es decir; lo referente a la instalación de cables y alambrado.

### **2.2.1. Canalización**

Las obras para la construcción de canalizaciones telefónicas, se desarrollan en vías vehiculares, peatonales, andenes, zonas verdes y calzadas, las cuales alojarán posteriormente los cables. Debido a que la ejecución de estas actividades obstaculiza el espacio público, se deben tomar las medidas necesarias para preservar el bienestar público y el orden urbano.

Antes de intervenir cualquier cámara de inspección, es indispensable señalar con cinta o conos alrededor de la cámara de inspección, con el fin de proteger la red telefónica existente y además evitar la acumulación de escombros dentro de la misma.

Para la construcción de canalizaciones, se deben desarrollar las siguientes actividades:

- Trámites necesarios para las licencias de excavación y ejecución de cruces. (ver capítulo 5).
- Localización, materialización y verificación del proyecto para aclarar cualquier novedad.
- Construcción de cámaras de inspección.
- Construcción de cajas de paso sencillas o dobles para andén y calzada. Realizar cortes longitudinales con disco.
- Efectuar la demolición de pisos, andenes, calzadas, cámaras y cajas de paso existentes, teniendo en cuenta que se deben realizar cortes longitudinales con disco.
- Realizar los acabados sobre las vías según términos municipales vigentes.
- Efectuar excavación para la colocación de la tubería y construcción de cámaras de inspección y cajas de paso.

Tabla III. **Herramienta y materiales a utilizar**

### **Materiales**

Para impacto urbano

- Señalización mediante el uso de:

Barricadas	Vallas informativas
Vallas preventivas	Señales Reglamentarias
Conos y parales	Cintas plásticas de precaución
Malla verde de polipropileno	Equipo para trabajos nocturnos

Para la construcción de canalizaciones

- Ductería PVC. Se puede emplear tubería PVC lisa tipo db ó PVC corrugada tipo tdp y de polietileno, en el caso de realizarse perforación dirigida.
- Otros materiales

Bloques para cámaras.	Acero de refuerzo, concreto
Recebo, arena, mortero, concreto fluido	Ladrillo tolete y prensado.
Base y rodadura asfáltica para acabados de calzada.	Marcos y tapas redondas y rectangulares.
Bloques de concreto para cámaras.	Formaletas para fundir bóvedas de cámaras y andenes.

### **Equipo**

El constructor deberá contar en la obra con un equipo conformado por:

Palas, picas, taladro neumático y escaleras	Pisones metálicos, de madera o de PVC
Retroexcavadora, cargador	Vibro-compactador mecánico
Vibrador de concreto	Motobomba, cilindro manual
Cilindro pequeño para asfaltar (benitín)	Cortadora de pavimento con disco de diamante

Fuente: Construcción, Excavaciones y Cimentaciones S.A. CECSA.

- Colocación de tubería pvc en los diferentes diámetros, formando bancadas según el diseño y especificaciones. Cuando la ductería en los cruces de calzadas u otros sitios críticos quede muy superficial, se deberá proteger construyendo cárcamos. Una vez instalada la ductería, deberá llevar un hilo o guía interna de polipropileno que será utilizado para verificar la continuidad de los tramos de canalización instalada.
- Efectuar los rellenos sobre tubería, cámaras y cajas de paso adyacentes a los muros laterales, realizando la compactación mecánica por capas.
- Construcción de placas base, muros en bloques de concreto y bóvedas superiores para las cámaras de inspección con 2, 3 ó 4 bocas, en andenes y calzadas.
- Construcción de placas base, muros y marcos para cajas de paso. Construcción de anclaje para teléfonos públicos.
- Ejecución de los resanes y acabados de pisos en andenes y calzadas, con materiales de igual o mejor calidad a los existentes.
- Efectuar el retiro inmediato de los sobrantes.
- Dar cumplimiento al plan de manejo ambiental y control de impacto urbano, incluyendo todos los elementos de señalización y seguridad industrial.

### **2.2.2. Conexión**

La conexión de las centrales locales y urbanas entre si y las centrales de tránsito, se realizan por medio de enlaces centrales. Un grupo de centrales de

tránsito se agrupan y una de ellas se convierte en central de área local. Grupos de centrales de área local, se unen en un área primaria, una de ellas pasa a ser central primaria, de la que dependen varias centrales locales, de igual forma se crean las áreas y los centros secundarios y terciarios.

Las centrales secundarias, son las encargadas de manejar el tráfico entre provincias pertenecientes a la misma área, de forma automática. Las centrales terciarias son las que gestionan llamadas entre centrales secundarias que pertenecen a la misma área. Las ciudades con tráfico interno muy importante interesa enlazar centrales del mismo rango, no con niveles superiores, por lo que se crea una red complementaria llamada tandem y tiene como misión conectar centrales locales dentro de una red metropolitana.

### **2.2.3. Identificación de cables**

Es importante señalar que todos los cables tienen una cantidad de pares, los cuales están distribuidos en su interior en forma correlativa, cada par esta constituido por 2 hilos, los cuales tendrán que ser perfectamente identificados para su posterior unión.

- Numeración por código de colores

Con el fin de facilitar la identificación de los pares, existe un código internacional de colores que define 25 pares, combinando 10 colores, siendo 5 colores para los hilos A y 5 colores para los hilos B, el ejemplo se muestra en la tabla V.

Los cables mayores de 25 pares, están separados por cintas, formando grupos de 25 pares cada uno.

Tabla IV. **Identificación de cables I**

<b>N° del par</b>	<b>Colores de base hilo A</b>	<b>Colores acompañantes hilo B</b>
1-5	Blanco	Azul
6-10	Rojo	Naranja
11-15	Negro	Verde
16-20	Amarillo	Marrón
21-25	Violeta	Gris

Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2010.

Para grupos mayores a 25 pares se agrupan por secuencia con los colores siguientes:

- Primera secuencia = pares del 01 al 25 cinta blanco azul
  - Segunda secuencia = pares del 26 al 50 cinta blanco naranja
  - Tercera secuencia = pares del 51 al 75 cinta blanco verde
  - Cuarta secuencia = pares del 75 al 100 cinta blanco marrón
- Numeración con fono y batería

Este sistema es aplicable en la construcción de cables con el aislamiento de papel o pares distribuidos por capas, solamente en cables muertos.

Tabla V. **Identificación de cables II**

<b>Nº DEL PAR DE ACOMPAÑANTES</b>	<b>COLORES BASES HILO A</b>	<b>COLORES HILO B</b>
1	Blanco	Azul
2	Blanco	Naranja
3	Blanco	Verde
4	Blanco	Marrón
5	Blanco	Gris
6	Rojo	Azul
7	Rojo	Naranja
8	Rojo	Verde
9	Rojo	Marrón
10	Rojo	Gris
11	Negro	Azul
12	Negro	Naranja
13	Negro	Verde
14	Negro	Marrón
15	Negro	Gris
16	Amarrillo	Azul
17	Amarillo	Naranja
18	Amarillo	Verde
19	Amarillo	Marrón
20	Amarillo	Gris
21	Violeta	Azul
22	Violeta	Naranja
23	Violeta	Verde
24	Violeta	Marrón
25	Violeta	Gris

Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2010.

El sistema consiste en identificar por medio de un fono y una batería, los pares desde un extremo del cable al otro extremo.

La comunicación se realiza poniendo una batería en serie, con el fono en una línea del par y como retorno la capa metálica del mismo cable a numerar, en un extremo del cable.

En el otro extremo, el operador tendrá que cerrar el circuito, poniendo un terminal del fono a la protección metálica del mismo cable y el otro terminal del fono se conecta a la tijera para buscar la línea del par enviado, cuando la tijera hace contacto con la línea enviada se producirá un sonido característico de batería, con el cual se podrá mantener la comunicación, para luego proceder a la identificación de los demás conjuntos de pares del cable.

En caso de que la línea esté cortada, se tendrá que retornar a la línea anterior para comunicarse y avisar a su compañero que tendrá que mandar otra línea.

Un concepto muy importante que se deberá tener presente al numerar con este sistema, es que el circuito se cierra por medio de la resistencia óhmica de la línea y la capa de protección del cableado que está aplicando una fuente de alimentación.

- Numeración con fono y generador de señal

Este sistema es aplicable en los casos de numerar pares en servicio, para ello es indispensable mantener una comunicación en forma permanente mediante un par metálico.

Para realizar el montaje del circuito, se deberá primeramente elegir un par en lo posible vacante, para ordenarse; utilizado como comunicador permanente, conectando una batería en serie con el par metálico.

El operador que envía la señal conectará una línea del generador de tono a la capa metálica de protección, el mismo cable a numerar y el otro terminal del generador a la línea que se desea numerar.

En el otro extremo del cable, el operador sacará un arranque de un terminal de fono y conectará la tijera para buscar el sonido del generador de tono, una vez encontrado la línea, se dará una señal intermitente para que la persona que este enviando se cambie a la otra línea y así sucesivamente.

Un concepto muy importante que se debe tener en cuenta al numerar con este sistema, es que el sonido del generador de tono que se escucha en fono, se produce al cerrarse el circuito a través de la capacitancia del par con respecto a tierra, por tal motivo en caso que se tengan que numerar tramos muy cortos, como por ejemplo en transferencia de cables, la capacitancia con respecto a tierra será muy baja, en consecuencia la reactancia entre línea y tierra será muy alta, por tanto la corriente alterna no será suficiente para escuchar al generador de tono.

En estos casos es recomendable conectar un capacitor de 1micro faradio en el extremo distante entre la tijera y tierra para que de esta forma, se disminuya la reactancia capacitiva de la línea con respecto a tierra, el generador emita una señal perfectamente audible.

- Numeración con amplificador

Este sistema de numeración se usa generalmente en cables, servicio y cuando los empalmes están en sangrías, la forma de numeración, es básicamente la misma que se ha descrito anteriormente, con la diferencia; el amplificador actúa en forma totalmente independiente del circuito de comunicación.

El amplificador, como bien su nombre lo indica, es un instrumento que amplifica la señal audible del generador de tono, y actúa por inducción sin que sea necesario hacer contacto físico con la línea para ser identificada.

El amplificador consta de una entrada donde se ubica el fono y de una salida donde se ubica el punzón de prueba.

Su conexión se hace en serie con el fono, el cual está incluido en el instrumento y por el otro lado se pone el punzón, con el cual se busca la señal, una vez identificada la línea se cierra, el circuito a tierra para que la persona que envía la señal pase a la línea siguiente y así sucesivamente.

- Numeración por capas

Este sistema es aplicable en algunos tipos de cables, donde la construcción de fábrica trae los pares formando capas correlativas superpuestas y de diferentes colores en forma intercalada.

Generalmente este tipo de numeración se hace en los cables para sistemas PCM o bien los cables con pares en cuerdas, también son utilizados estos sistemas de numeración para identificar los pares de las bobinas de carga.

- Numeración por sistema de retorno

Este sistema es muy útil cuando no existe otra persona para enviar los pares y es necesario numerar solo, el sistema se utiliza solamente en pares muertos y no en grandes cantidades de pares, más bien para identificar pares en la punta de un cable o bien numerar una caja terminal.

El sistema consiste en poner a tierra la línea A del primer par, la línea B del mismo par se conecta con la línea A del segundo par, y así sucesivamente, hasta completar todos los pares del cable o de la caja.

En la otra punta se conecta un fono en serie con la tierra del mismo cable, una batería y con el otro terminal

Del fono se conecta la tijera, cuando se ubica el par en tierra y suena la batería, se saca el par completo y se hace un cortocircuito entre las 2 líneas del par, de esta forma la tierra retornará por la línea B hacia la punta y esta al estar conectada con la A del segundo par, se podrá identificar de la misma forma que los pares anteriores.

Es evidente que este sistema tiene sus limitaciones, en caso de que algunos de los pares este cortado, se interrumpirá la serie y no se podrá numerar, de la misma forma el consumo de corriente aumentará si los tramos a numerar son muy largos o los pares son muchos, sin embargo es muy útil en algunos casos puntuales.

La numeración por sistema de retorno es utilizada donde las canalizaciones son cortas y con una cantidad limitada de pares, por ejemplo en la canalización dentro de un edificio.

- Rectificación de pares

La rectificación de pares tiene una trascendental importancia, dado que con ello se garantiza que la distribución de las sucintas en los respectivos terminales de distribución, sean estos primarios o secundarios, estén de acuerdo a los listados emanados por asignaciones de igual forma; identificar los pares cortados, cambiados, fuera de cuenta y otras irregularidades que puedan aparecer en los cables.

Por otra parte la rectificación de pares, es obligatoria cuando se realizan modificaciones en los cables, ya sea por transferencias o por cambios de cuenta.

Existen técnicas muy apropiadas para la rectificación de pares, de tal manera de poder detectar con exactitud las posibles irregularidades de cada caso particular. Un ejemplo es, si al rectificar una caja se encuentra que un par no sale en la cuenta, esto no significa de inmediato que el par este cortado, puede ser que solamente este cambiado por otro, en este caso, todos los pares que tengan problemas de identificación se dejaran separados para restarlos al final, lo mismo ocurre cuando una línea está cortada, en este caso puede ser que se esté en presencia de un par *Split*, la rectificación se debe hacer línea por línea y par a par.

- Formas de cables

Se conoce con el nombre de formas de cables, al ordenamiento correlativo de los pares, los cuales son conectados en los bloc terminales del MDF, armarios, interiores etc.

Actualmente la distribución de pares en los bloc terminales del MDF o en armarios, son de 100 pares, por tanto las formas se deberá hacer de la misma manera.

Es importante en la confección de las formas, dejar muy bien protegida y fija la continuidad de la pantalla, la cual tendrá que ser unida a la pantalla del cable, para ser conectada a la tierra de la central.

#### **2.2.4. Prueba eléctrica**

Para realizar estas pruebas, se requiere que el cable a probar se encuentre libre en su totalidad y sin corriente.

Las pruebas eléctricas pueden clasificarse por: resistencia eléctrica, resistencia de aislamiento y el mas utilizado en telecomunicación, la prueba de identificación y continuidad de los conductores.

- Identificación y continuidad de los conductores.
  - Definición

Se define como la correcta unión de todos los conductores que conforman un cable, a través de los empalmes que se realicen en su recorrido.

Las pruebas se efectúan a la totalidad de los pares. Todos los pares defectuosos (abiertos, cruzados, invertidos, traspuestos y separados), deben ser reparados por el contratista.

- Objetivo de la prueba

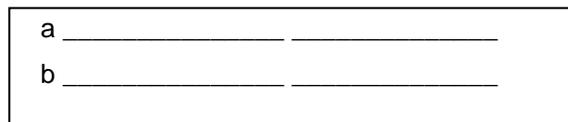
La prueba de identificación y continuidad, tiene por objeto verificar que los conductores que forman los cables de que trata esta norma, no presenten fallas de ruptura. La misma prueba permite detectar fallas de tierra, hilos invertidos, cortos, transposición de hilos entre pares y ligamiento.

- Tipos de falla

- Ruptura

Esta falla se presenta cuando existe por lo menos la ruptura de uno de ambos conductores de un par, entre extremos, aunque se puede presentar la ruptura en los dos conductores, como se muestra en la figura 4,

Figura 4. **Tipos de falla, ruptura**



Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2010.

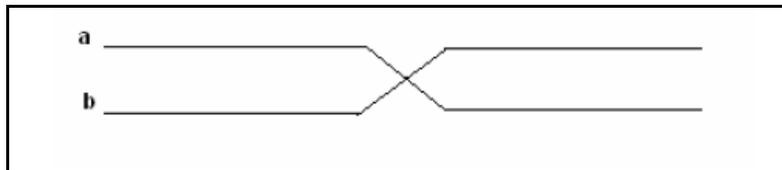
- Tierra

Se presenta esta falla cuando en uno o ambos conductores de un par, existe ligamiento físico con la coraza pantalla del cable, la cual se encuentra conectada a tierra.

- Hilos invertidos (a x b)

Se presenta esta falla por error de empalmado, y se detecta cuando al efectuar la medición del par entre extremos, el hilo a sale como b y el hilo b como a.

Figura 5. **Tipos de falla, hilos invertidos**

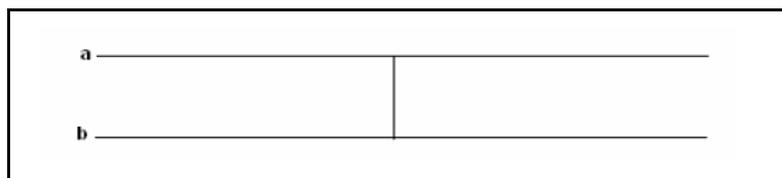


Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2010.

- Corto

Se entenderá que existe corto cuando se presenta ligamiento o contacto físico entre los hilos **a** y **b** de un par, como se ejemplifica en la figura 6.

Figura 6. **Tipos de falla, corto**

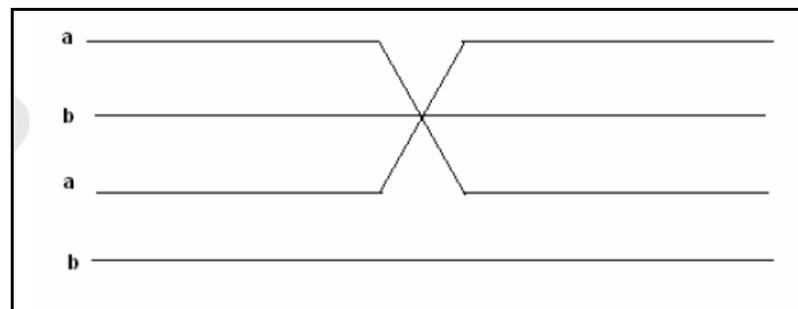


Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2010.

- Transposición de hilos entre pares

Se entiende como conductores traspuestos cuando, debido a un empalmado erróneo, el conductor **a** o **b** de un par sale como el conductor correspondiente en extremo de otro par.

Figura 7. **Tipos de falla, transposición de hilos entre pares**



Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2010.

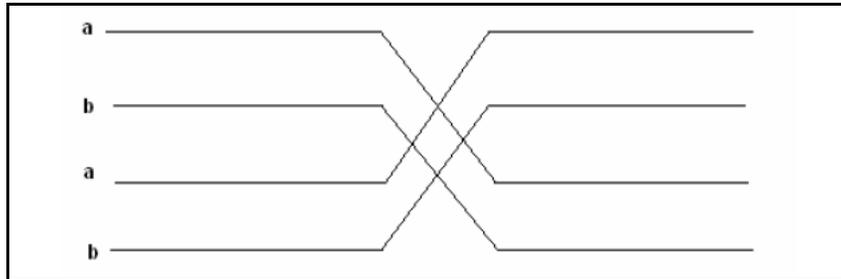
- Transposición de pares

Se entiende por trasposición de pares, cuando por error de empalmado los hilos **a** y **b** de un par salen como los hilos **a** y **b** en el extremo de otro par y viceversa, figura 8.

- Ligamento

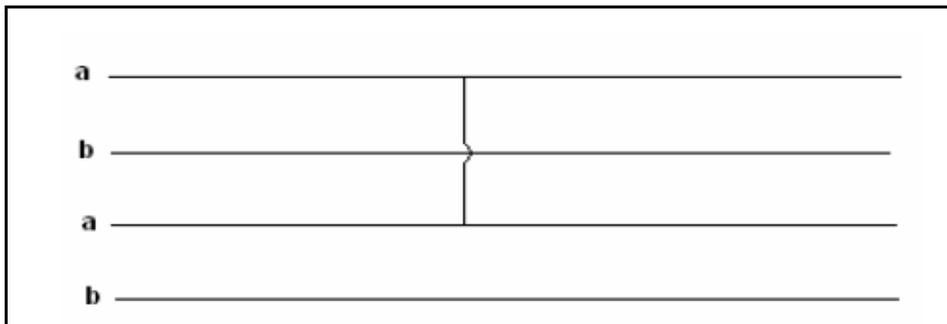
Se entiende por ligamiento el corto físico existente entre un hilo cualquiera **a** y **b** de un par (1) con otro hilo **a** o **b** de otro par (n), figura 9.

Figura 8. **Tipos de falla, transposición de pares**



Fuente Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2010.

Figura 9. **Tipos de falla, ligamento**



Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2010.

- Instrumentos utilizados en la prueba de continuidad
  - Instrumentos de medida
    - ✓ Multímetro
    - ✓ Óhmetro (preferiblemente análogo)
    - ✓ Zumbador, etc.

- Dispositivos para comunicarse
  - ✓ Citó fonos
  - ✓ Monófonos
  - ✓ Micro teléfonos
  - ✓ Audífonos, etc.
  
- Clavijas de bloqueo de 2 vías, según sistema.
  
- Recibo de los cables

Una vez terminada cada línea, el contratista entregará la interventoría el protocolo de pruebas respectivas.

- Procedimiento

Una vez terminada la instalación de un cable, el responsable de la obra por parte del contratista, tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

Determinado el cable a probar, en el extremo A del mismo, se ubicará el encargado de realizar la prueba, con un ayudante si es necesario, y en el extremo B otro operario.

Normalmente el extremo A es el distribuidor general (sitio donde se efectúa la medición) y el extremo B puede ser otro distribuidor general, un armario, un *strip*, o una caja terminal punta.

- Ruptura

El operario encargado de la prueba, conectará el terminal no común del instrumento al conductor a probar y el terminal común a tierra. En el extremo B el operario irá conectando a tierra el hilo a probar, que le indique el operario del extremo A. Si hay continuidad aparece un valor en el dial del instrumento; en caso contrario la aguja permanecerá inmóvil indicando falla de ruptura.

- Corto, hilos invertidos, transposición y ligamento

Con la conexión descrita anteriormente, el operario del extremo A hará un barrido (conexión momentánea) de los demás hilos que conforman el cable, observando que el dial del instrumento no presente ninguna deflexión, o si es digital se escuche la alarma.

En caso contrario y dependiendo del hilo, donde se detecte la deflexión, se determina la clase de fallas representadas en la figuras 2 a 6.

- Tierra

Para probar que los conductores que conforman el cable no están a tierra (ligamiento en los hilos con la coraza), se desconecta la tierra en el extremo B quedando el cable completamente libre en dicho extremo. El operario en el extremo A hará un barrido (conexión momentánea) en todos los hilos a probar observando el dial del instrumento. Si permanece inmóvil

no existe ninguna falla; por el contrario si la aguja del instrumento se refleja al tocar algún hilo, este se relacionará como falla de tierra.

- Tamaño de la muestra y aceptación del cable

El 100 por ciento de los conductores que conforman el cable, deberán ser sometidos a prueba.

Será requisito para que el cable sea aceptado que ninguno de los hilos probados presenten las fallas descritas en el numeral 2.1.3 de la Norma NTC2061.

Se exceptuará de esta exigencia, únicamente el caso de hilos invertidos a x b en cables primarios, cuyo porcentaje de conductores invertidos no deberá ser mayor al 1 por ciento del total de los conductores que conforman el cable.

- Requisitos eléctricos

Los cables terminados deberán cumplir con los requisitos eléctricos de la Norma NTC2061 última actualización, y la empresa que los instala se obliga a entregar los protocolos de prueba de cada red terminada y son requisito para su recibo y pago.

- Resistencia DC, numeral 7.1 de la norma, la muestra que se someterá a prueba será del 10 por ciento de cada grupo.

- Desbalance de resistencia numeral 7.2 de la norma, la muestra que se someterá a prueba será del 10 por ciento de cada grupo.
  - Capacitancia mutua numeral 7.3 de la norma, además los numerales 7.4, 7.5, 7.6. La muestra que se someterá a prueba será del 10 por ciento de cada grupo.
  - Atenuación numeral 7.7 de la norma. la muestra que se someterá a prueba será del 10 por ciento de cada grupo.
  - Diafonía de la unidad numeral 7.8 de la norma, la muestra que se someterá a prueba será del 10 por ciento de cada grupo.
  - Resistencia de aislamiento numeral 7.9, 7.9.1, 7.10, 7.11 de la norma, se probará al azar el 50 por ciento de los conductores que componen el cable.
- Umbrales para recibo

Se consideran los siguientes parámetros y umbrales como no aptos para el recibo de la red.

- Bajo aislamiento 5 Mega ohmios
- Aislamiento falla menor o moderado: 1 Mega ohmios
- Aislamiento falla o severo: 20 Kilo ohmios

### **2.3. Diseño actual de canalizaciones de agua potable**

El uso racional del agua remite al control y gestión del consumo de agua. Es un concepto incluido en las políticas generales de gestión de los recursos naturales renovables y asociado a un desarrollo sostenible que debe permitir el aprovechamiento de los recursos, en este caso del agua de manera eficiente, garantizando su calidad, evitando su degradación con el objeto de no comprometer ni poner en riesgo su disponibilidad futura. Estos principios se aplican en proyectos de ingeniería, arquitectura, urbanismo y agricultura que esté concebido en el marco de la protección y conservación de los recursos naturales. El agua se considera un recurso renovable limitado.

#### **2.3.1. Canalización**

Para la elaboración de un proyecto de recolección y evacuación de aguas residuales o lluvias, es aconsejable disponer estudios previos a su diseño, que permitan caracterizar la región desde el punto de vista físico y socioeconómico, conocer los sistemas existentes de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico y considerar los planes de desarrollo urbano y ordenamiento territorial.

Lo que debe contribuir a seleccionar la alternativa más adecuada y factible, técnica, económica, financiera y de menor impacto ambiental. En el caso de proyectos de ampliación y/o rehabilitación el alcance y necesidad de estudios básicos son más limitados y puntuales

Dentro de los aspectos previos al diseño que son necesarios desarrollar, esta la descripción y diagnóstico de los sistemas existentes de abastecimiento

de agua potable y de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales en el sector objeto del proyecto.

Identificar el tipo (o tipos) de sistema(s) existente(s) e información completa del catastro de red de alcantarillado en el sector objeto del proyecto. Recopilar la información cartográfica existente sobre el sistema. Hacer una descripción general de los sistemas actuales de recolección y evacuación de aguas residuales y lluvias en el área de interés, y de cada uno de sus componentes, tales como formas de disposición *in situ*, edad, materiales, redes de colectores, pozos y cajas de inspección, interceptores, emisarios, canales, estaciones de bombeo y estructuras especiales, al igual que el plan maestro si existiese.

Calificar el estado, funcionalidad y condiciones de operación de los sistemas en el área de interés y estimar los períodos en los cuales los componentes principales podrán operar sin adiciones o refuerzos de capacidad. Describir las diferentes formas de disposición final y los sitios para tal fin en el subsuelo, en cuerpos de agua receptores y/o plantas de tratamiento de las áreas asociadas con el proyecto.

- Tipos de sistemas
  - Sistemas convencionales

Los alcantarillados convencionales son los sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias, hasta los sitios de disposición final. Los tipos de sistemas convencionales son el alcantarillado combinado y el alcantarillado separado.

En el primer sistema de recolección, tanto las aguas residuales como las pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema, mientras que en el tipo separado, esto se hace mediante sistemas independientes; es decir, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial.

- Sistemas no convencionales

Debido a que los alcantarillados convencionales usualmente son sistemas de saneamiento costosos, especialmente para localidades con baja capacidad económica, en las últimas décadas se han propuesto sistemas de menor costo, alternativos al alcantarillado convencional sanitario, basados en consideraciones de diseño adicionales y en una mejor tecnología disponible para su operación y mantenimiento. Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominiales y los alcantarillados sin arrastre de sólidos. Los sistemas no convencionales pueden constituir alternativas de saneamiento cuando, partiendo de sistemas *in situ*, se incrementa la densidad de población.

- Los alcantarillados simplificados funcionan esencialmente como un alcantarillado sanitario convencional, pero teniendo en cuenta para su diseño y construcción consideraciones que permiten reducir el diámetro de los colectores, tales como la disponibilidad de mejores equipos para su mantenimiento, que permiten reducir el número de pozos de inspección o sustituir por estructuras más económicas.

- Los alcantarillados públicos son sistemas que recogen las aguas residuales de un conjunto de viviendas que normalmente están ubicadas en un área inferior a 1 hectárea, mediante colectores simplificados, y son conducidas a la red de alcantarillado municipal o eventualmente a una planta de tratamiento.
- Los alcantarillados sin arrastre de sólidos son sistemas en los que el agua residual de una o más viviendas es descargada a un tanque interceptor de sólidos, donde éstos se retienen y degradan, produciendo un efluente sin sólidos sedimentables que es transportado por gravedad en un sistema de colectores de diámetros reducidos y poco profundos. Sirven para uso doméstico en pequeñas comunidades o poblados y su funcionamiento depende de la operación adecuada de los tanques interceptores y del control al uso indebido de los colectores. Desde el punto de vista ambiental pueden tener un costo y un impacto mucho más reducido.

### **2.3.2. Identificación de tuberías**

De acuerdo al material de fabricación de las tuberías, así se designa cierta nomenclatura y al ser fabricada se le designa esa identificación para que el usuario pueda tener una referencia del material de construcción, normalmente la identificación está impresa por cualquier medio en la tubería, la nomenclatura se muestra en la tabla VI.

- Dimensiones de unidades

Para dimensionar las tuberías, es necesario contar con varias especificaciones, dentro de las que se encuentra, el factor de diseño, diámetros nominales, etc. Estas se describen en la tabla VII.

- Identificación de Producto

Cada fabricante de tuberías utiliza la nomenclatura que internamente designen, por lo que es necesario revisar las especificaciones de cada fabricante, para poder elegir el producto que cumpla con el requerimiento necesario del proyecto. Estas se describen en la tabla VIII.

### **2.3.3. Prueba hidrostática**

El sistema de tuberías para agua potable, se debe someter a ensayos de presión en terreno, según se describe a continuación, estos deben ser verificados y controlados por la empresa prestadora:

- Preparación para el ensayo de presión hidrostática final.
- Ensayo de presión hidrostática inicial inmediatamente después de la preparación.
- Ensayo de presión hidrostática final.
- Ensayo de arranques que pertenecen a urbanizaciones.
- Equipos

Para el ensayo de presión hidrostática se necesita el equipo siguiente, tanto para sistemas de tuberías plásticas como metálicas:

- Bomba hidráulica de presión, con potencia suficiente para alcanzar y mantener la presión de ensayo.
  - Estanque apropiado y elementos de medición de agua para determinar la cantidad agregada para mantener la presión de prueba especificada.
  - Llave de paso y válvula de retención.
  - Válvulas de purga de aire.
  - 2 manómetros, con sensibilidad de 0,01 MPa (0,1 kgf/cm<sup>2</sup>).
  - 2 tapones, de diámetros que permitan sellar los extremos de la tubería.
- Preparación del ensayo

Las tuberías deben estar en la zanja, con relleno parcial compactado, dejando descubierto 1,5 metros frente a cada unión. El compactado debe tener, al menos 0,3 metros de espesor sobre la clave de la tubería.

La longitud del tramo debe ser menor o igual que 500 metros. Esta longitud debe tener en cuenta factores locales, tales como el perfil de la tubería, condiciones climáticas, tráfico, tiempo disponible para completar el relleno, ubicación del anclaje de concreto permanente, disponibilidad de agua para la prueba y de anclaje adecuado para los tapones.

La bomba hidráulica y el manómetro se deben instalar en el extremo inferior del tramo.

El tramo a ensayar se debe llenar lentamente con agua, en lo posible por el punto más bajo del tramo, para expulsar el aire por escapes colocados en los puntos altos.

Tabla VI. **Materiales**

ABS	Acronitrilo butadieno estireno
CR	Caucho cloropreno, p.e. neopreno
EP DM	Caucho etinelenopropileno
FPM	Caucho fluorado, Viton®
Ms	Latón
NBR	Caucho-nitrilo
NR	Caucho-natural
PB	Polibutileno
PE	Polietileno
PE-X	Polietileno reticulado
PP	Polipropileno
PTFE	Politetrafluoretileno; Teflon®
PVC	Cloruro de polivinilo
PVC-C	Cloruro de polivinilo clorado [manor contenido de cloro]
PVC-U	Cloruro de polivinilo sin plastificantes
PVDF	Polivinilideo fluorado
TG	Hierro Maleable, galvanizado
UP-GF	Resina de poliester insaturada, reforzada con fibra de vidrio

Fuente: Manual Técnico PAVCO, 2007.

Tabla VII. Dimensiones

<b>d, d1, d2, d3, d4</b>	<b>Diámetro</b>
DN	Diámetro nominal
SC	Mdida del tornillo hexagonal
AL	Número de agujeros roscados
SC	Anchura parte plan tornillo hexagonal
g	Peso en gramos
SP	Cantidad por embalaje estándar
GP	cantidad por embalaje grande
E	Espesor de la pared de la tubería
PN	Presión nominal
Rp	Rosca interna paralela de tubería a ISO 7-1
Rp	Rosca cónica externa de la tubería a ISO 7-1
ppm	Partículas por millón
1 bar	0,1 N/mm <sup>2</sup> 0,1 Mpa (Megapascal) 14,504 psi
C	factor de diseño
S	Series de tuberías
SDR	Ratio dimensión estándar
MFR	Ratio de fluencia según ISO 4440

Fuente: Georg Fischer S.A., 2004.

Tabla VIII. **Identificación de producto**

<p>Tomas y accesorios de PE</p>	<p>Fabricante {+GF+}                  Dimensión [diámetro exterior de la tubería]                  Material [PE 100]                  Ratio de espesor [SDR 11]                  Series de identificación</p>
<p>Accesorios STEMU                  Derivaciones y tomas en carga                  Cierre deslizante</p>	<p>Fabricante {+GF+}                  Dimensión [diámetro exterior de la tubería]                  Diámetro nominal [DN]                  Material [PVC-U]                  Series de identificación</p>
<p>Conexiones de PVP</p>	<p>Fabricante {+GF+}                  Medida nominal de los accesorios en pulgadas                  Material [PVC-H]                  Diámetro exterior o medida nominal de las tuberías de conexión                  Series de identificación</p>
<p>Accesorios de encolado y de transición</p>	<p>Fabricante {+GF+}                  Diámetro exterior o diámetro roscado                  Material [PVC-U]                  Presión nominal M= PN16                      sin especificación = PN10                      S6,3 / PN16 = PN16                      S10 / PN10 = PN10                  Series de identificación</p>
<p>Accesorios Roscados</p>	<p>Fabricante {+GF+}                  Medida de tubería roscada                  Material [PVC-U]                  Series de identificación</p>
<p>WAGA MULTI/JOINT                  Cuerpo</p>	<p>Fabricante                  Dimensión {108-130}                  Material {GGG 42}                  Presión nominal {PN 16}</p>



Los extremos del tramo en ensayo se deben sellar con los tapones antes de iniciar el ensayo.

- Ensayo de presión inicial

El ensayo de presión inicial, se realiza por tramos, dejando descubiertas todas las uniones.

Las tuberías llenas de agua, son sometidas a una presión de ensayo,  $e p$ , que depende de la presión nominal de la tubería a ensayar.



### 3. PROPUESTA PARA DISEÑAR LA MÁQUINA

#### 3.1. Materia prima a evaluar

Las especificaciones técnicas de la materia prima a evaluar, básicamente determina las características del producto terminado, las mismas se detallan en dimensiones y colores específicos de producto e impresiones, las especificaciones de los materiales se resumen en la tabla IX.

Tabla IX. **Especificaciones de materiales**

Producto	Cinta plástica
Ancho	20 centímetros
Espesor	0,003 pulgadas = 0,0762 centímetros
Color	Amarillo
Impresión	Leyenda de prevención, logotipo y teléfono de la empresa propietaria de la red.
Color carácter impreso	Negro

Producto	Alambre o hilo de cobre
Calibre	24

Producto	Cinta adhesiva
Ancho	1 pulgada =2,54 centímetros
Color	Transparente

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.1. Determinación de la existencia**

Los materiales como la cinta adhesiva y la cinta plástica, se fabrica bajo pedido en Guatemala y el alambre de cobre es importado y distribuido en el país, por varias empresas.

La cinta señalizadora con detector se fabrica en España y Perú, por lo que el tiempo de importación es de aproximadamente 2 meses, además de ser un producto de baja demanda en el mercado, es necesario realizar los pedidos con anticipación para que se programe la producción y posterior envío.

### **3.2. Máquina a diseñar**

Las especificaciones, condiciones y restricciones que se asumen para realizar el diseño son:

- La máquina fabricará cinta plástica con detector con un ancho de 0,20 metros.
- El producto terminado se entregará en bobinas de 500 metros de longitud.
- Las medidas de longitud, se trabajará en el Sistema Internacional, cuya unidad fundamental es el metro (m) y se hará la conversión a dicho sistema en los elementos que comercialmente se manejen en algún otro sistema.
- Las medidas de peso, algunas son comercialmente manejadas en el sistema inglés, por lo que se dan los datos en unidades de libras, por lo

que se hará la conversión a Newtons, que es la unidad de fuerza en el Sistema Internacional.

- Muchos de los datos de tablas referidos en el presente marco teórico, utilizan unidades del Sistema Métrico tal como kilogramo o kilogramo /  $\text{cm}^2$ , las cuales se convertirán a sus unidades equivalentes en el Sistema Internacional, cuya unidad de fuerza es el Newton.
- La máquina se adecuará para ser utilizada manualmente, o bien por un medio motriz que se considere adecuado.

### **3.2.1. Espacio físico**

Con las medidas y pesos de las bobinas a soportar, se tiene la limitante en cuanto a espacio y dimensión se refiere, así como la consideración de facilidad de manejo, que para la persona que la opere, lo haga de una manera ergonómica y que ayude principalmente a reducir los tiempos que dura los cambios de bobina. Se han colocado las bobinas de materia prima en un espacio físico, lo que ha determinado que el espacio físico que requiere la máquina es:

1,40 metros de largo, 0,70 metros de ancho, 1,60 metros de alto (desde el nivel del suelo).

### **3.2.2. Funcionamiento**

La función principal de la máquina, es pegar el hilo de cobre por medio de cinta adhesiva al centro de la cara impresa de la cinta plástica. Se tiene la ventaja de que las 3 materias primas vienen entregadas por los proveedores en

bobinas, por lo que el producto terminado puede ser producido también en una bobina.

El funcionamiento consiste, en que todas las bobinas deberán de girar fijamente alrededor de ejes que giren a velocidad constante y uniforme. Dicha velocidad no puede ser rápida por las diferentes inercias producidas al momento de girar, debido a que las masas son distintas en cada bobina, donde la fuerza motriz es generada por el eje impulsor, el cual debe de tensar la cinta adhesiva, el hilo de cobre y la cinta plástica.

El eje impulsor puede ser accionado manualmente, o bien con un medio motriz que se considere adecuado para ejercer el movimiento rotatorio a velocidad constante y con la potencia adecuada para ejercer el movimiento de todas las bobinas simultáneamente, sin que el mismo sea suficientemente grande como para provocar que la tensión rompa la materia prima.

La máquina deberá de alinear el hilo de cobre y la cinta adhesiva, para que el mismo pegue exactamente en el centro de la cara impresa, por lo que deberá de llevar una guía para el hilo de cobre que coloque exactamente donde se requiere que vaya pegada la misma.

Durante el pegado del hilo, es necesario que vayan 2 barras, la cual puede ser circulares, para que ayuden a tensar la cinta adhesiva en la parte cercana a la bobina de producto terminado que es la que enrolla.

Asimismo, debido a la variación que existe de los diámetros internos de las bobinas de materia prima, se requiere fijar las mismas a sus respectivos ejes, para lo cual se deberán colocar unos discos a ambos lados de cada

bobina que ayuden a posicionarlas y que por medio de un pasador vayan sujetadas al eje, para poder girar simultáneamente sobre chumaceras.

Se considera que es necesaria una persona para operar la máquina, además de tener como función principal el realizar los cambios de bobinas tanto de materia prima como de producto terminado, proceso para el cual deberá de parar la máquina y de la manera más rápida, quitar los pasadores respectivos que sujetan la bobina al eje, alinea e inicia el funcionamiento, así como controlar la calidad de pegado del hilo de cobre a la cinta durante el proceso.

Para este proceso se requiere que el operario cuente con Equipo de Protección Personal (EPP), específicamente guantes con resistencia a la abrasión y lentes de protección por el riesgo de proyección de partículas y proyección del filamento metálico, al instalar las bobinas y operar el equipo.

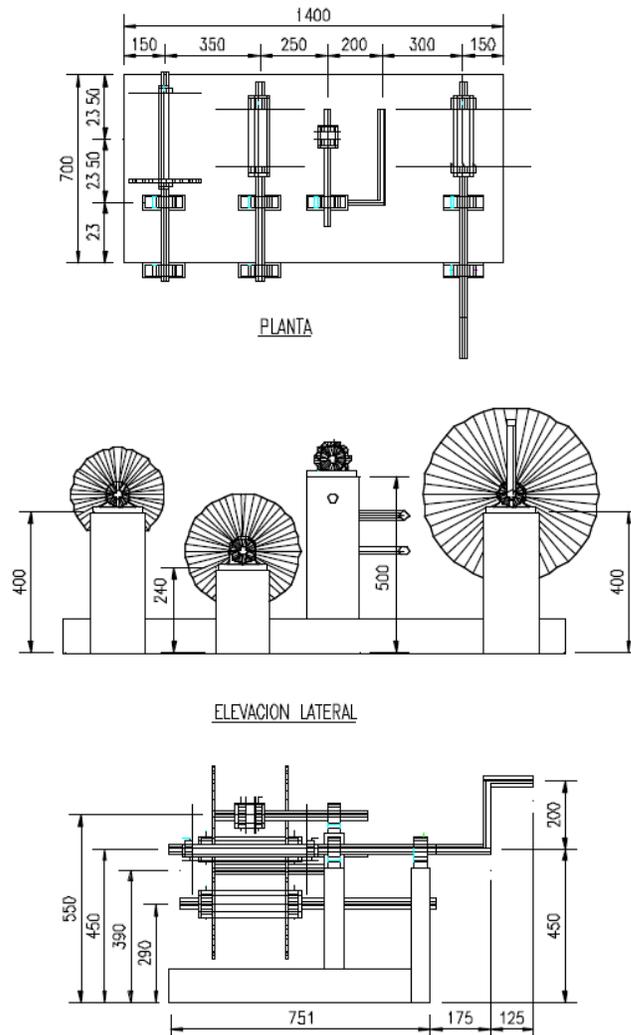
Una vez producidas las bobinas, se almacenaran sobre tarimas de madera, la cuales serán producidas por el personal operario.

### **3.3. Planos**

Para poder efectuar los cálculos de diseño de los distintos componentes de la máquina, se presentan las cotas en el siguiente dibujo que servirán para el análisis de diseño respectivo.

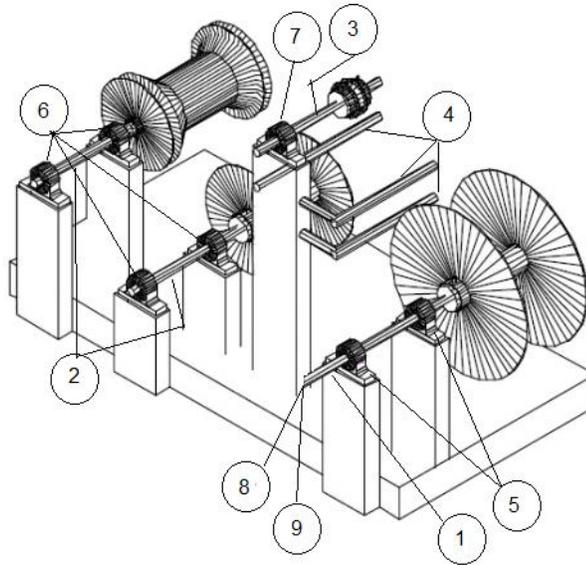
Las medidas presentadas son en base al tamaño de las bobinas de materia prima y sus respectivos ángulos hacia el punto de unión de los diferentes materiales.

Figura 10. **Diseño preliminar máquina de fabricación de bobina con elemento metálico**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad.

Figura 11. **Isométrico, diseño preliminar máquina de fabricación de bobina con elemento metálico, numeración partes de la máquina**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad.

Tabla X. **Listado de partes de la máquina**

Parte	Material
1	Eje de 1 3/16"
2	Eje de 1"
3	Eje de 9/16"
4	Eje de 5/8" (para barras tensoras)
5	Chumacera 30 mm
6	Chumacera 25 mm
7	Chumacera 15 mm
8	Motorreductor trifásico de 0,75 Hp, 55° rpm de salida, relación 30:1
9	Acople flexible de 1"

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Costo de materiales y de construcción de la máquina

De acuerdo al cálculo de los elementos mecánicos, así como al diseño basado en planos, se presenta la estimación del costo de la máquina, ver tabla XI.

### 3.5. Análisis financiero

Se realiza el análisis financiero, tomando en cuenta los costos iniciales de la fabricación de la máquina y los costos asumidos por una empresa, que ya cuenta con infraestructura física y administrativa.

	Dólares U.S.	
	Quetzales	(Q 7,76/USD)
Materia prima	Q 0,448	\$ 0,058
Mano de obra directa	Q 0,075	\$ 0,010
Costos indirectos de fabricación	Q 0,060	\$ 0,008
<hr/>		
Total costo de venta	Q 0,583	\$ 0,075
Costos de administración (10% C.V.)	Q 0,047	\$ 0,006
<hr/>		
costo total de la cinta	Q 0,630	\$ 0,081
Utilidad (35% del costo total)	Q 0,220	\$ 0,028
ISR (31.5% de la utilidad)	Q 0,069	\$ 0,009
<hr/>		
Precio sin IVA	Q 0,920	\$ 0,119
IVA (12%)	Q 0,110	\$ 0,014
<hr/>		
Precio total por metro lineal	Q1,030	\$ 0,130

Tabla XI. Integración de costo, máquina para fabricar cinta señalizadora con detector

MATERIALES					
Parte	MATERIAL	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Eje de 1 3/16"	Unidad	1	Q 178,50	Q 178,50
2	Eje de 1"	Unidad	2	Q 165,00	Q 330,00
3	Eje de 9/16"	Unidad	1	Q 114,00	Q 114,00
4	Eje de 5/8" (para barras tensoras)	Unidad	2	Q 120,00	Q 240,00
5	Chumacera 30 mm	Unidad	2	Q 145,00	Q 290,00
6	Chumacera 25 mm	Unidad	4	Q 119,50	Q 478,00
7	Chumacera 15 mm	Unidad	1	Q 94,50	Q 94,50
	Angular de 1 X 3/16"	Unidad	1	Q 59,75	Q 59,75
	Perfil tipo "C" 3 X 1,5 X 1/16"	Unidad	1	Q 63,40	Q 63,40
	Hembra de 1 1/2 X 1/8"	Unidad	1	Q 27,70	Q 27,70
	Tubo Rectangular de 2 X 3" chapa 18	Unidad	1	Q 88,85	Q 88,85
	Lamina de 1/16"	Unidad	1	Q 194,75	Q 194,75
	Tornillo de 3/8 X 1 1/1" Grado 2	Unidad	14	Q 1,00	Q 14,00
8	Motorreductor trifásico de 0,75 Hp, 550 rpm de salida, eje a 90°, Relación 30:1	Unidad	1	Q 3 008,41	Q 3 008,41
9	Acople flexible de 1"	Unidad	1	Q 1 145,15	Q 1 145,15
					Q 6 327,01
MANO DE OBRA					
					Precio Global
Según cotización realizada en taller que incluye mano de obra, equipo y materiales para el sistema de frenos y complementos					Q 5 320,00
Imprevistos					Q 500,00

Fuente: elaboración propia.

Los anteriores precios son tomados como referencia durante el primer trimestre del 2,011.

### **3.5.1. Elementos del costo de fabricación**

Para poder establecer el costo y precio de la cinta señalizadora con detector, los cálculos se basarán en lo siguiente:

- Se estimará la producción mensual de la máquina durante un mes, trabajando 44 horas semanales.
- La forma como se comercializa la cinta señalizadora con detector, es por medio de metro lineal, por lo que la estimación de costo y precio se hará en dicha unidad.
- Según diseño propuesto, la velocidad de trabajo de la máquina, es de 32,83 metros lineales de cinta por minuto.
- La longitud que debe llevar cada bobina es de 500 metros lineales de cinta plástica señalizadora con detector.
- Por la variación de longitud que poseen las bobinas de materia prima y de producto terminado, se estiman tiempos muertos de 15 minutos por hora por concepto de demoras.
- La demanda anual actual se estima en un 20 por ciento de la capacidad de producción de la máquina, es decir se estima producir mensualmente solamente 52 800 metros, como se verá en breve análisis de demanda.

- Se toma como vida útil de trabajo de la máquina 5 años para efectos de depreciación y rentabilidad.

### 3.5.2. Principio costo beneficio

El principio de costo beneficio, establece que el valor es creado cuando el beneficio de una decisión excede su costo. El valor financiero es creado por medio de la influencia de 3 variables, tales como: el flujo de efectivo, el tiempo y el riesgo.

### 3.5.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Analizando el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión DPP, se tiene:

$$VPN = -I_1 + \sum_{t=1}^{n=5} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

---


$$VPN = -12\,147,01 + \frac{183\,744,00}{(1+0,12)^1} + \frac{192\,931,20}{(1+0,12)^2} + \frac{202\,577,76}{(1+0,12)^3} + \frac{212\,706,65}{(1+0,12)^4} + \frac{223\,341,98}{(1+0,12)^5}$$


---

resolviendo:

$$VPN = 711\,813,71$$

La Tasa Interna de Retorno TIR, se obtiene así:

$$0 = -12\,147,01 + \frac{183\,744,00}{(1+TIR)^1} + \frac{192\,931,20}{(1+TIR)^2} + \frac{202\,577,76}{(1+TIR)^3} + \frac{212\,706,65}{(1+TIR)^4} + \frac{223\,341,98}{(1+TIR)^5}$$

---

resolviendo:

$$TIR = 1\,588 \%$$

### **3.5.4. Costos de operación**

Se define el costo de operación de la máquina, considerando los aspectos primordiales, como la mano de obra, los materiales a utilizar durante la producción y en la línea de costos fijos, se tomaran en cuenta el costo de mano de obra indirecta.

#### **3.5.4.1. Mano de obra**

Se define el costo de mano de obra al costo económico combinado del trabajo, del esfuerzo físico y mental, del operador durante la operación de la máquina con el objetivo de elaborar el producto descrito, para los cálculos se considera el salario parcial, de un operador de la máquina y un ayudante, lo anterior considerando la producción de 52 800 metros lineales por mes, a ver tabla XII.

Tabla XII. **Costo mano de obra**

Personal	Salario / mes	Prestaciones	Total	Producción por mes (metro lineal)	Precio / metro lineal
Operador	Q. 1 800,00	32,50%	Q. 2 385,00	52 800	Q. 0,045
Ayudante	Q. 1 200,00	32,50%	Q. 1 590,00	52 800	Q. 0,045
					Q. 0,075

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.4.2. Materiales

Los costos de materiales, son la combinación de; los costos de cada materia prima a utilizarse durante la fabricación de la cinta señalizadora con detector metálico, utilizando como elemento metálico, el hilo de cobre calibre 24.

Tabla XIII. **Costos materiales**

MATERIAL	Unidad	Precio / Unidad	Largo (m.)	Precio / metro Lineal
Tela plástica	Lb	Q. 10,01	32	Q. 0,313
Hilo de cobre calibre 24	Lb	Q. 21,03	240	Q. 0,088
Cinta adhesiva	Rollo	Q. 4,71	100	Q. 0,047
				Q. 0,750

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.4.3. Costos fijos

Se consideran como costos fijos, los salario de la supervisión y mecánico, que invertirán parcialmente de su horario de trabajo para atender la producción y el mantenimiento de la máquina.

Tabla XIV. Costo mano de obra indirecta

Personal	Salario / mes	Prestaciones	Total	Producción por mes (metro lineal)	Precio / metro lineal
Supervisión (25% salario)	Q. 1 500,00	32,50%	Q. 1 987,50	52 800	Q. 0,040
Mecánico (5% salario)	Q. 175,00	32,50%	Q. 231,88	52 800	Q. 0,002
					Q. 0,042

Fuente: elaboración propia.

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

Para implementar la propuesta, es necesario conocer algunas especificaciones de los diferentes materiales a utilizar, además es necesario realizar los cálculos para el diseño de algunos elementos de la máquina.

### **4.1. Materiales**

Para realizar los cálculos y elegir los materiales a utilizarse durante la construcción de la máquina, se considera el peso estimado de las bobinas de la materia prima y la bobina del producto terminado, además se consideran los materiales secundarios a ser utilizados, por lo que se clasifican en:

- Metales
- No metales

Entre los metales se encuentran los materiales férreos, tal es el caso del acero y materiales no férreos como los metales ligeros, pesados y algunas aleaciones. Los no metales pueden ser sustancias naturales, tal como la madera y cuero, los materiales sintéticos como los plásticos, vidrio, etcétera, y las sustancias auxiliares como lubricantes, refrigerantes, pegamentos, etcétera.

#### **4.1.1. Propiedades técnicas de los materiales**

Estas propiedades indican el comportamiento del material al trabajarlo, y expresan el comportamiento de los metales al ser sometidos a esfuerzos o cargas que tienden a alterar su forma.

##### **4.1.1.1. Dureza**

Es la propiedad que expresa el grado de deformación permanente que sufre un metal bajo la acción directa de una fuerza determinada. Existen dos clasificaciones de dureza física y dureza técnica.

##### **4.1.1.2. Flexión**

Son propiedades de cambio de forma denominado plástico, si el cambio es permanente y elástico si no es permanente.

##### **4.1.1.3. Factor de seguridad**

Es importante que un elemento de máquina se componga de un material que tenga propiedades adecuadas para las condiciones de servicio, así como que la determinación de cargas y tensiones sea correcta. Frecuentemente, las limitaciones impuestas por el material son los factores determinantes de un proyecto. El proyectista debe estar familiarizado con los efectos que los métodos de fabricación y el tratamiento térmico tienen en las propiedades de los materiales de construcción. El proceso de fabricación utilizado influirá también en el tipo de material que pueda emplearse

Tabla XV. **Propiedades mecánicas de aceros característicos bajos en carbono**

Acero	Estado	Resistencia a la tracción	Tensión de fluencia	Dureza Brinell	Dureza Rockwell	Maquinabilidad %
1010	Laminado en caliente	3 550	2 050	10		40
	Estirado en frío	3 900	2 300	113		45
1020	Laminado en caliente	4 700	3 150	137		52
	Estirado en frío	4 850	3 350	143		60
1112	Laminado en caliente	4 700	2 800	140		
	Estirado en frío	5 600	4 400	170	6	100
1113	Laminado en caliente	5 800	5 100	180	8	120-140
	Estirado en frío	4 950	3 150	135		
1117	Laminado en caliente	5 750	4 400	162		94
	Estirado en frío	5 950	3 900	163		50
2317	Laminado en caliente	6 650	5 250	197	12	
	Estirado en frío	6 100	4 150	179	10	55
4320	Laminado en caliente	6 950	3 550	207	16	
	Estirado en frío	5 750	3 850	167	4	58
4620	Laminado en caliente	6 850	4 900	203	14	
	Estirado en frío	7 350	5 100	212	15	55
4815	Laminado en caliente	7 700	5 450	217	17	
	Estirado en frío	6 350	4 500	185		
8620	Normalizado	5 300	3 550	155		

La resistencia a tracción y tensión de fluencia están expresadas en kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: SINGER, Ferdinand L. **“Resistencia de Materiales”**. Tercera edición, 2000.

#### **4.1.1.4. Otras propiedades técnicas**

Colabilidad: se denominan colables los materiales que se funden y pueden colarse en moldes a temperaturas rentables, por ejemplo fundición gris, plomo, estaño y aleaciones de cobre.

Maleabilidad: son maleables los materiales sólidos que, por la acción de fuerzas, admiten una variación plástica de la forma, conservando su cohesión.

Mecanizabilidad: se dice que son mecanizables por corte o arranque de virutas, aquellos materiales en los que, aplicando fuerzas tecnológicamente razonables, puede romperse la cohesión de las partículas.

## **4.2. Cálculos de elementos mecánicos**

Los cálculos de los elementos mecánicos, se consideran a partir de las propiedades mecánicas de los aceros característicos bajos en carbono, descritos en la tabla XV.

### **4.2.1. Discos topes y pasadores**

Se diseñan discos que sirvan de guía, con el fin de que presionen sobre los distintos carretes de las bobinas, tanto de materia prima como de producto final, además para que unan los carretes al eje por medio de un pasador, y así ayudar a que los carretes giren a la misma velocidad del eje.

Estos se fabrican del mismo diámetro de las mediciones obtenidas en los cálculos presentados en la sección 4.2.2 ejes y el diámetro interior se debe maquinar según el diámetro del eje calculado. Para la bobina de producto

terminado, que está limitada por la cantidad de metros que posee (500 m) se especifica de un diámetro mayor en 0,10 m debido al mayor grosor provocado por la pega del hilo de cobre con cinta adhesiva. En la tabla XVI, se resumen las áreas que se necesitan para hacer los discos.

Tabla XVI. **Cálculo de discos**

Descripción	No. de discos	Dext (m)	Dint (m)	Aext m <sup>2</sup> $2*(\pi/4D_{ext}^2)$	Aint m <sup>2</sup> $2*(\pi/4D_{int}^2)$	Adisco=Aext-Aint m <sup>2</sup>
Carrete de cinta plástica impresa	2	0,300	0,025	0,1414	0,0009	0,1405
Carrete de hilo de cobre	2	0,255	0,03	0,1021	0,0014	0,1007
Carrete de cinta adhesiva	2	0,095	0,015	0,0142	0,00035	0,01385
Carrete de producto terminado	2	0,400	0,025	0,2513	0,0009	0,2505
Total				0,5090	0,0035	0,5055

Nota: La presentación comercialmente de la lámina es de 4\*8 pies (32 pies cuadrados).

Fuente: elaboración propia.

Recordando que la función de los pasadores es sencillamente atravesar el eje para unir los discos que presionan los carretes con los distintos ejes que soportan las bobinas. Lo anterior, es debido a la diferencia que existe entre los diámetros de los ejes calculados y los diámetros internos de los carretes. Los

mismos no están sujetos a mayor esfuerzo de corte, debido a que solo sujetan dentro de un diámetro relativamente pequeño, por lo que debido a que el costo no es tan elevado, se pueden fabricar de varilla lisa de acero de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, según el detalle que se muestra en el diseño final. La cantidad de pines que se necesita, es de 1 por disco, en total 8 pines de acero  $\frac{1}{4}$  de pulgada de diámetro que podrán ser fabricadas por el taller que elabore la máquina.

El peso de cada disco está dado por:

Tabla XVII. **Calculo del peso de los discos**

Disco	Área (m <sup>2</sup> )	Peso /área (N/m <sup>2</sup> )	Peso de cada disco (N)
Carrete de cinta plástica impresa	0,07025	122,77	8,62
Carrete de hilo de cobre	0,05035	122,77	6,18
Carrete de cinta adhesiva	0,006925	122,77	0,85
Carrete de producto terminado	0,1252	122,77	15,36

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.2. Ejes

Los ejes de la máquina para fabricar e instalar la cinta señalizadora con detector metálico, deben soportar principalmente el peso de los carretes de materia prima y producto terminado y uno de ellos soportara las fuerzas propias de la transmisión del motorreductor.

Por lo anterior para el diseño se consideran los siguientes aspectos:

- Dado que el proceso de embobinado requiere de muchos ajustes, así como las distintas tensiones que poseen las materias primas, para efectos de cálculo, se tomará una velocidad de trabajo de 60 revoluciones por minuto.
- Las cargas no son constantes, debido a la variación de peso que existe cuando se enrollan las bobinas, la cuál ocurre gradualmente.
- Los pesos de las bobinas están distribuidos en cierta parte de la sección del eje, según el ancho que posea cada una, para efectos de cálculo de los elementos, el peso se concentrará en el punto medio de la sección donde irá la bobina.
- Se consideran los pesos de los discos topes calculados previamente, los cuales actúan en el lado exterior de cada bobina según el ancho que posea cada una.
- Se considera un coeficiente de seguridad de 2,1 superior al valor recomendado de 1,5 para soportes de maquinaria de movimiento alternativo o con potencia de impulsión propia.
- Se desprecian los pesos de los pines por considerarse relativamente pequeños.

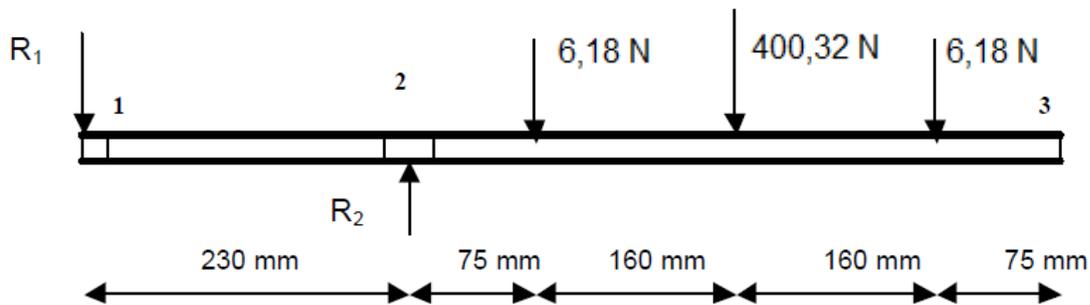
#### **4.2.2.1. Eje de bobina de hilo de cobre**

Con los aspectos considerados anteriormente, se tiene en cuenta el siguiente sistema, donde la carga por el peso de la bobina se distribuye en el

centro entre los puntos 2 y 3, y la carga debido al peso de los discos se concentra en donde lo indica la figura 12:

$R_1, R_2$  = Reacciones a soportar por parte de las chumaceras

Figura 12. **Cálculo de eje bobina hilo de cobre**



Fuente: Adaptado de SPOTSS, Merhyle Franklin (2001): "Proyecto de elementos de Máquinas", Edición en Español, España. Editorial Reverté, S.A.

Usando el principio del equilibrio estático, se tiene:

$$\Sigma M_1 = 0, 230 \cdot R_2 - 305 \cdot 6,18 - 465 \cdot 400,32 - 625 \cdot 6,8 = 0 ; \text{ donde } R_2 = 834,33 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0, -R_1 + R_2 - 6,18 - 400,32 - 6,18 = 0 ; R_1 = 834,33 - 412,68 = 421,65 \text{ N}$$

$R_1$  y  $R_2$  son cargas absorbidas por los rodamientos de las chumaceras, y en el punto donde se concentra la carga del peso de la bobina, el máximo momento flector ( $M$ ) a ser soportado por el eje en el punto 2, está dado por:

$$M_{\text{hilo}} = 6,18 \cdot 75 + 400,32 \cdot 235 + 6,18 \cdot 395 = 96\,979,8 \text{ N-mm}$$

Para hallar el valor del momento torsor actuante, se utiliza la máxima tensión producida por el peso del carrete cuando está lleno más los discos para hacerlo girar y el radio máximo de la bobina:

$$T_{\text{hilo}} = (400,32 + 6,18 + 6,18) * 127,5 = 52\,616,76 \text{ N-mm}$$

Aplicando la ecuación:

$$D = 3 \sqrt{\frac{((K_f M / (32 n S_e))^2 + (T / S_{ut})^2)^{1/2}}{\pi}}$$

Se toma un valor de concentración de tensiones de  $K_f = 1,90$ , un valor de  $n = 2,1$  para el coeficiente de seguridad, se toman los siguientes datos para un acero 1010 estirado en frío, cuyo factor para obtener Newton por milímetro cuadrado es 0,0981:

$$S_{ut} = 2\,300 \text{ kg/cm}^2 * 0,0981 = 225,63 \text{ N/mm}^2$$

$$S_e = 1\,350 \text{ Kg/cm}^2 * 0,0981 = 132,43 \text{ N/mm}^2$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$d^3 = \frac{32 * 2,1}{\pi} \sqrt{(1,9 * 96\,979,8 / 225,63)^2 + (52\,616,72 / 132,43)^2} = 19\,426,28$$

Por lo tanto, el diámetro calculado es de 26,88 milímetros. Dado que comercialmente no se maneja esta medida exacta, la cual equivale en pulgadas a 1,06 pulgadas, se aproxima al diámetro inmediato comercial superior, el cual

es de 1 3/16 de pulgada, que en el Sistema Internacional equivale aproximadamente a 30 milímetros.

#### 4.2.2.2. Eje de bobina de cinta plástica

Considerando un análisis similar al anterior, donde R4 y R5 son los puntos de soporte de las chumaceras y el peso de la bobina de cinta plástica, distribuido a la mitad del eje porta bobinas, se tiene:

R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> = Reacciones a soportar por parte de las chumaceras.

Usando el principio de equilibrio estático, se tiene:

$$\Sigma M_1 = 0, 230 \cdot R_5 - 365 \cdot 8,62 - 465 \cdot 124,54 - 565 \cdot 8,62 = 0 ; \text{ donde } R_5 = 286,64 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0, -R_4 + R_5 - 8,62 - 124,54 - 8,62 = 0 ; R_4 = 286,64 - 141,78 = 144,86 \text{ N.}$$

$$M_{\text{plástico}} = 135 \cdot 8,62 + 235 \cdot 124,54 + 335 \cdot 8,62 = 33\,318,3 \text{ N-mm}$$

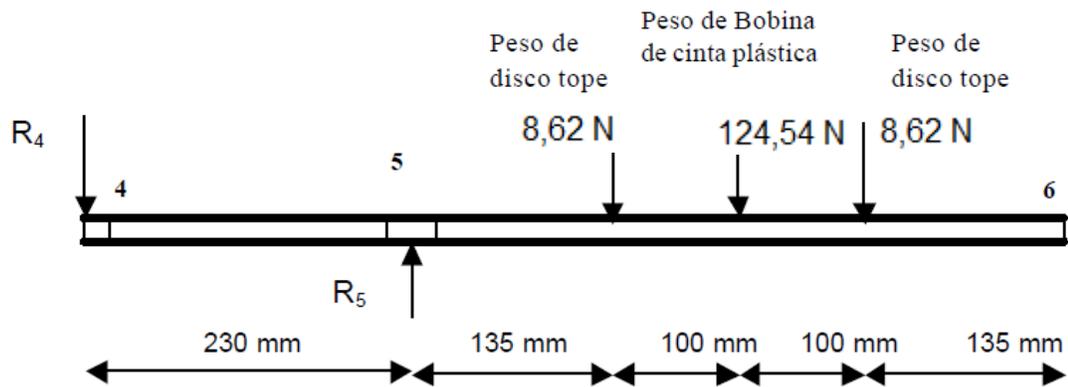
$$T_{\text{plástico}} = (124,54 + 8,62 + 8,62) \cdot 150 = 21\,267 \text{ N-mm}$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$d^3 = \frac{32 \cdot 2,1}{\pi} \sqrt{(1,9 \cdot 33\,318,3 / 225,63)^2 + (21\,267 / 132,43)^2} = 6\,915,04$$

Por lo tanto, el diámetro calculado es de 19,05 milímetros. Dado que comercialmente no se maneja esta medida exacta, la cual equivale en pulgadas a 0,7 pulgadas, se aproxima al diámetro inmediato comercial superior, el cual es de 1 pulgada, que en el Sistema Internacional equivale aproximadamente a 25 milímetros.

Figura 13. Eje bobina cinta plástica



Fuente: Adaptado de SPOTSS, Merhyle Franklin (2001): "Proyecto de elementos de Máquinas", Edición en Español, España

#### 4.2.2.3. Eje de bobina de cinta adhesiva

La bobina de cinta adhesiva, es la que menor peso posee por sus dimensiones, por lo que el eje que soporta el peso de éste material, será el de menor diámetro del conjunto de ejes que tiene la máquina, por lo que al realizar el análisis, se tiene:

$R_7, R_8$  = Reacciones a soportar por parte de las chumaceras

$$\Sigma M_1 = 0, 230 \cdot R_8 - 453,5 \cdot 0,85 - 465 \cdot 0,834 - 476,5 \cdot 0,85 = 0; \text{ donde } R_8 = 5,12 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0, -R_7 + R_8 - 0,85 - 0,834 - 0,85 = 0 ; R_7 = 5,12 - 2,534 = 2,586 \text{ N.}$$

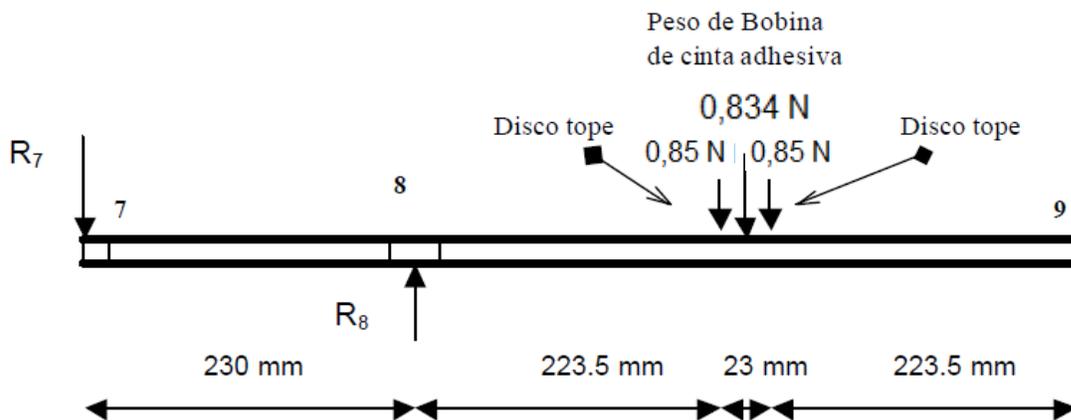
$$M_{\text{cinta adhesiva}} = 223,5 \cdot 0,85 + 235 \cdot 0,834 + 246,5 \cdot 0,85 = 595,49 \text{ N-mm}$$

$$T_{\text{cinta adhesiva}} = (0,85 + 0,834 + 0,85) \cdot 47,5 = 120,37 \text{ N-mm}$$

Sustituyendo en la ecuación.

$$d^3 = \frac{32 * 2,1}{\pi} \sqrt{(1,9 * 595,49 / 225,63)^2 + (120,37 / 132,43)^2} = 109,01$$

Figura 14. Eje bobina cinta adhesiva



Fuente: Adaptado de SPOTSS, Merhyle Franklin (2001): "Proyecto de elementos de Máquinas", Edición en Español, España

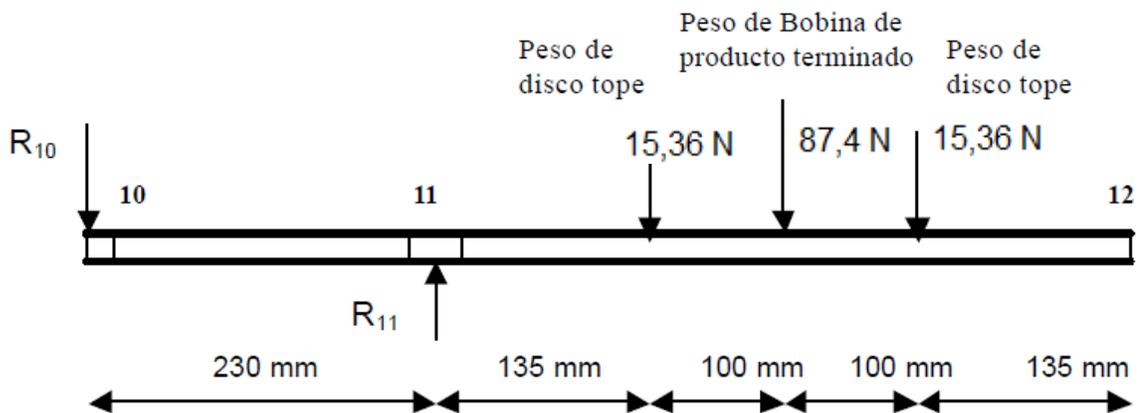
Por lo tanto, el diámetro calculado es de 4,77 milímetros. En el presente caso, el diámetro calculado es demasiado pequeño y es casi imposible trabajarlo, por lo que se recomienda utilizar un diámetro comercial más alto, el cual estará sobredimensionado para resistir la carga soportada, por lo que se elige usar un diámetro superior de 9/16 de pulgada, que en el Sistema Internacional equivale a 15 milímetros, el cuál está bastante sobre dimensionado, pero su costo y facilidad de trabajo no es crítico en la elección.

#### 4.2.2.4. Eje de bobina de producto terminado

Para el análisis del eje de que soportará el producto terminado, se debe considerar que es el que requiere las dimensiones necesarias para soportar el

peso de los 3 materiales, por lo que será el eje de mayor diámetro de la máquina.

Figura 15. Eje bobina de producto terminado



Fuente: Adaptado de SPOTSS, Merhyle Franklin (2001): "Proyecto de elementos de Máquinas", Edición en Español, España

$R_{10}$ ,  $R_{11}$  = Reacciones a soportar por parte de las chumaceras

$$\Sigma M_1 = 0, 230 \cdot R_{11} - 365 \cdot 15,36 - 465 \cdot 87,40 - 565 \cdot 15,36 = 0 ;$$

donde  $R_{11} = 238,81 \text{ N}$

$$\Sigma F_y = 0, -R_{10} + R_{11} - 15,36 - 87,40 - 15,36 = 0 ;$$

$$R_{10} = 238,81 - 118,12 = 120,69 \text{ N}$$

Momento flector:

$$M_{\text{producto terminado}} = 135 \cdot 15,36 + 235 \cdot 87,4 + 335 \cdot 15,360$$

$$M_{\text{producto terminado}} = 27\,758,2 \text{ N-mm}$$

En este caso, el momento torsor es igual a la suma de los momentos torsores de cada bobina, ya que la bobina de producto terminado debe ejercer la tensión suficiente en el resto de cintas para provocar el movimiento.

$$T_{\text{producto terminado}} = T_{\text{hilo de cobre}} + T_{\text{cinta plástica}} + T_{\text{cinta adhesiva}}$$

$$T_{\text{producto terminado}} = 52\,616,76 + 21\,267 + 120,37 = 74\,004,13 \text{ N-mm}$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$d^3 = \frac{32 * 2,1}{\pi} \sqrt{(1,9 * 27\,758,20 / 225,63)^2 + (74\,004,13 / 132,43)^2}$$

$$d^3 = 12\,959,92$$

Por lo tanto, el diámetro calculado es de 23,49 milímetros. Dado que comercialmente no se maneja esta medida exacta, la cual equivale en pulgadas a 0,92 pulgadas, se aproxima al diámetro inmediato comercial superior, el cual es de 1 pulgada, que en el Sistema Internacional equivale aproximadamente a 25 milímetros.

En resumen, los ejes requeridos a comprar deben ser de una longitud de 0,80 metros y un diámetro mínimo que se resume a continuación:

#### **4.2.3. Rodamientos y chumaceras**

Se ha elegido el uso de chumaceras en la máquina, por la facilidad de lubricación que posee, así como la mayor facilidad que ofrece al momento de construir la máquina.

Asimismo, debido a que se tiene el diámetro de cada eje, se deberán utilizar chumaceras que posean cojinetes con el diámetro del eje requerido. Para el presente caso se tiene que los cojinetes no están sujetos a cargas axiales ni a coeficientes de choque ni impacto, por lo que se trabajará únicamente con las cargas radiales que poseen los mismos.

Tabla XVIII. **Resumen cálculo de ejes**

<b>Eje</b>	<b>Diámetro a comprar (pulgadas)</b>	<b>Equivalente en S.I. (milímetros)</b>
Bobina de hilo de cobre	1 3/16	30
Bobina de cinta plástica	1	25
Bobina de cinta adhesiva	9/16	15
Bobina de producto terminado	1	35

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el cálculo de la clasificación de carga básica, para una vida de clasificación de un millón de vueltas para cada tipo de rodamientos radiales elegido, el cuál será comparado por la carga que debe soportar cada cojinete según los análisis gráficos anteriores:

$$C = 0,0856f_c (i \cos \alpha)^{0,7} Z^{2/3} D^{1/8}$$

#### **4.2.3.1. Selección de rodamientos y chumaceras**

Los rodamientos son elementos compuestos por anillos y elementos rodantes, estos pueden ser rodillos o esferas.

La chumacera está compuesta por un rodamiento y una base que aloja el mismo, están diseñados para reducir el desgaste por fricción entre un eje y su base. En la tabla XIX se muestra la selección del número de cojinetes según el diámetro requerido.

Tabla XIX. **Resumen selección de cojinetes**

<b>Eje</b>	<b>No. de cojinete</b>	<b>Diámetro requerido (milímetros)</b>	<b>Cantidad</b>
Bobina de hilo de cobre	206	30,0	2
Bobina de cinta plástica	205	25,0	2
Bobina de cinta adhesiva	202	15,0	2
Bobina de producto terminado	205	25,0	2

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.4. Estructura de soporte**

La estructura de soporte, puede ser de distintos materiales; tales como madera, acero y aluminio. De los materiales mencionados anteriormente, el que presenta mejores condiciones tanto de durabilidad, acceso en el mercado, costo y facilidad para trabajar, son los perfiles y hembras de acero comercial. Para efectos del presente análisis, se tomarán en cuenta las siguientes premisas:

- El material seleccionado para los perfiles es el acero, cuyo valor del módulo de elasticidad  $E$  recomendado, es de  $210\ 000\ \text{N} / \text{mm}^2$ .

- Para las columnas de soporte, se analizará la parte de la estructura que soporta más peso, siendo la misma la de la carga de la bobina de hilo de cobre.
- Se tiene la limitante que el perfil debe de soportar la chumacera, cuyo peso especificado es de 9,32 Newton, y el ancho de la base es de 14 centímetros, por lo que se elige un pedazo de hembra de acero comercial para ser atornillada, misma que debe descansar sobre la columna de soporte.
- Para las columnas, se elige un perfil tipo C comercial.
- Para la base que sujeta las columnas, se elige un perfil tipo L o angular comercial.
- Todas las uniones de la estructura de soporte, irán unidas por medio de soldadura.
- Se desprecia el peso de los tornillos, por las fuerzas horizontales que estos ejercen sobre la estructura.
- Se utilizará un factor de seguridad de 2 dentro del parámetro recomendado para soportes de maquinaria ligera

Se tiene que para una columna, la carga crítica está dada por:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2} \quad (\text{Ecuación de Euler})$$

Despejando I, se tiene: 
$$I = \frac{4l^2 P_{cr}}{\pi^2 E}$$

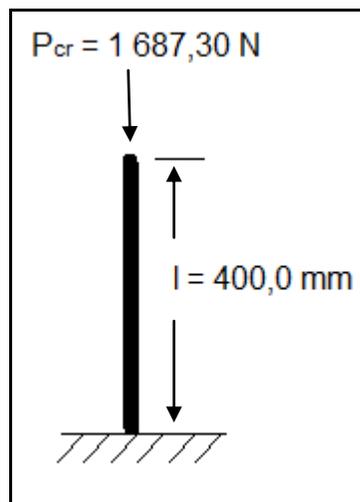
La carga crítica  $P_{cr}$  es la suma de la reacción  $R_2$ , ocurrida debido al peso de la bobina de cobre, más el peso de la chumacera.

$$P_{cr} = 834,33 \text{ N} + 9,32 \text{ N} = 843,65 \text{ N}$$

Aplicando el coeficiente de seguridad a la carga:  $P_{cr} = 843,65 * 2 ;$   
 $P_{cr} = 1\ 687,30 \text{ N}$

Sustituyendo valores:

Figura 16. **Momento de inercia**



Fuente: elaboración propia, con programa de Visio 2007.

$$P_{cr} = 1\ 687,30 \text{ N.} \quad I = \frac{4 * 400^2 * 1\ 687,30}{\pi^2 * 210\ 000} = 521,02 \text{ mm}^4$$

De lo anterior, se tiene que cualquier perfil cuyo momento de inercia de área sea mayor a 521,02; I = 400 milímetros a la cuarta, podrá soportar sin ningún problema la carga.

Calculando para el perfil comercial tipo (comercialmente en Guatemala, la medida de los perfiles se maneja en el Sistema Inglés) de 3 \* 1.5 \* 1/16 de pulgada que se considera que podría ser adecuado para utilizarlo en los soportes, se tiene:

$$I_{\text{perfil}} = \frac{1}{12} [bh^3 - b_1h_1^3]$$

$$b = 1,5 * 25,4 = 38,1 \text{ mm}$$

$$h = 3 * 25,4 = 76,2 \text{ mm}$$

$$b_1 = (1,5 - 1/16) * 25,4 = 36,512 \text{ mm}$$

$$h_1 = (3 - 2 * 1/16) * 25,4 = 73,03 \text{ mm}$$

sustituyendo:

$$I_{\text{perfil}} = \frac{1}{12} [ 38,1 * 76,2^3 - 36,512 * 73,025^3 ] = 219\,915,51 \text{ mm}^4$$

Dado que el momento de inercia que posee dicho perfil es mayor a 521,02 milímetros a la cuarta; se puede utilizar el mismo, para todos los soportes de las columnas. La longitud total a utilizar se obtiene según los cálculos mostrados en la tabla XX.

Comercialmente los perfiles tienen 6 metros de largo, por lo que se requiere para fabricar la máquina de un perfil comercial tipo C de 3 \* 1,5 \* 1/16 pulgadas.

Se puede emplear un perfil con menos espesor, o bien mucho más pequeño, pero sería mucho más difícil a la hora de soldarlo, y el costo no es tan significativo para que amerite usar algún otro.

Tabla XX. **Cálculo longitud / masa / peso**

Descripción	Cantidad de soportes	Longitud ( m )	Total ( m )	Masa ( kg )	Peso ( N )
Bobina de hilo de cobre	2	0,40	0,80	1,54	15,11
Bobina de cinta plástica	2	0,30	0,60	1,16	11,38
Bobina de cinta adhesiva	2	0,70	1,40	2,70	26,49
Bobina de producto terminado	2	0,40	0,80	1,54	15,11
Total			3,60	6,94	68,09

Fuente: elaboración propia.

Además, se necesitan 8 secciones de 0,15 m de hembra comercial que puede ser de 1 ½ \* 1/8 pulgadas, cuyo peso se extrae de la cotización de materiales ( $\text{peso/m} = 5,71/6 * 9,81 = 9,34 \text{ N/m}$ ), la cual se soldará al perfil tipo C en la parte superior y servirá para poder fijar con los tornillos la chumacera a la columna de soporte, así como para fabricar los soportes del motor. El peso se calcula así:

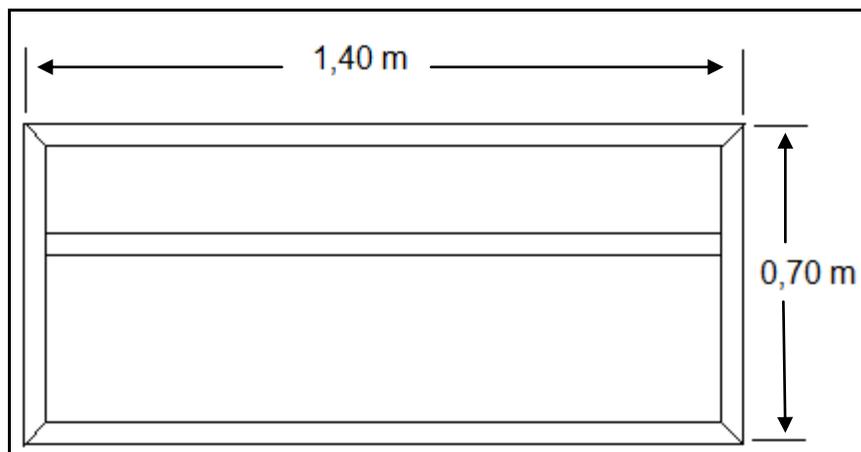
$$8 \text{ secciones} * 0,15 \text{ m} * 9,34 \frac{\text{N}}{\text{M}} = 11,21 \text{ N}$$

Esta misma hembra, puede ser utilizada para soportar una placa que puede llevar el motor u otros refuerzos que se consideren necesarios.

Se ha demostrado que las columnas que cargan, están bastante sobre dimensionadas para la carga a la que están sujetas, asumiendo que la parte inferior actúan totalmente empotradas en más o menos 422 veces, por lo que para ello se necesita que la soldadura resista adecuadamente la carga a la que es sometida.

En la figura 17, se muestra la manera en que se coloca la base que soporta las columnas de la máquina, la distribución de la estructura está basada en las dimensiones de los carretes, soportes y transmisión.

Figura 17. **Esquema de estructura de máquina**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad.

Como se conoce comercialmente los angulares tienen 6 metros de largo, por lo que se requiere para fabricar la máquina de un angular comercial de 1 \* 3/16 de pulgada.

Por lo que la cantidad requerida, se muestra en la tabla XXI.

#### 4.2.4.1. Espesor del material

Quedando demostrado anteriormente la suficiente resistencia que poseen los perfiles, se puede elegir angular para la base de 1 \* 3/16 de pulgada, el cual se considera apropiado debido a que posee área para poder soldar las columnas, así como poder facilitar la sujeción de alguna otra pieza en la máquina

Tabla XXI. Cálculo materiales de base

Descripción	Cantidad de soportes	Longitud ( m )	Total ( m )	Masa ( kg )	Peso ( N )
Largo	3	1,40	4,20	7,32	71,8
Ancho	2	0,70	1,40	2,44	23,94
		Total	5,60	9,76	95,74

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.4.2. Tornillos

Se utilizan tornillos para sujetar las chumaceras a las bases donde van apoyadas, para el efecto, se tiene como limitante el diámetro donde se puede sujetar la chumacera, por lo que se determinará la resistencia de la cual es capaz de absorber los tornillos a utilizar.

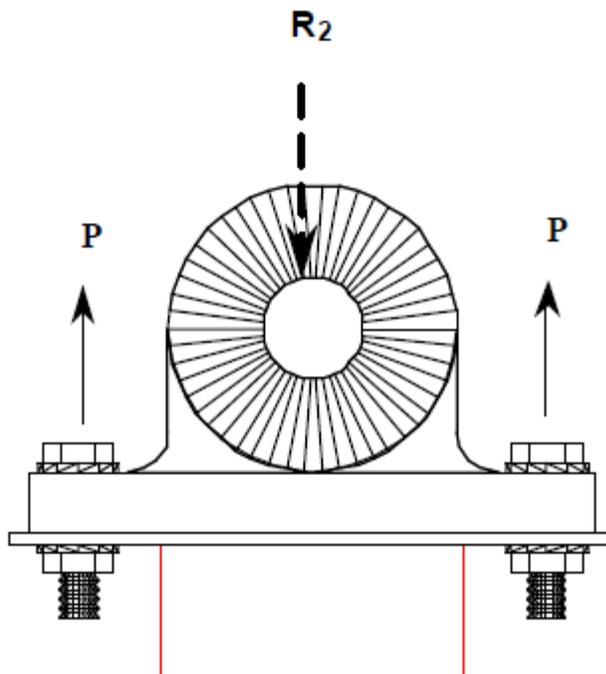
El housing de las chumaceras trae los agujeros que se requieren para poder sujetar a una base por medio de tornillos. Debido a que ya se tienen definidas las chumaceras deseadas, donde la variación solamente se da en los diámetros de los cojinetes que poseen, el máximo diámetro de tornillo que se

puede utilizar y que comercialmente viene nominado en pulgadas, es de 3/8 pulgada.

Para el análisis, se tomará en cuenta la mayor fuerza dada por la reacción en la chumacera, que soporta la bobina más pesada que es la de hilo de cobre, la cual es determinada para el presente caso como la crítica y cuyo valor  $R_2 = 834,33$  N, dicha carga, es soportada por 2 tornillos, por lo que el valor de la fuerza P a soportar es:

$$P = \frac{R_2}{2} = \frac{834,33}{2} = 417,17 \text{ N}$$

Figura 18. **Cálculo de tornillos**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad.

La sección útil para un tornillo de  $3/8 = 0,0775 \text{ pulg}^2$

Utilizando un factor de seguridad igual a 2, que es un valor arriba del recomendado para soportes de maquinaria ligera, impulsada con eje de transmisión, se tiene que el esfuerzo a que está sometido cada tornillo es de 16,7 Newton por milímetro cuadrado. Los tornillos comerciales son fabricados en frío, y asumiendo que se utilizan tornillos de grado 1 ó 2, fabricados de acero 1010, en la tabla XV, se tiene que el esfuerzo de fluencia que resiste el tornillo sin que se deforme = 2 300 kilogramo por centímetro cuadrado, que equivalen a 225,63 Newton por milímetro cuadrado, bastante arriba de del valor calculado de 16,7 Newton por milímetro cuadrado, que garantiza la resistencia de cada tornillo.

Por lo tanto, se requiere de 16 tornillos comerciales de  $3/8 * 1 \frac{1}{2}$  de pulgada, grado 2.

#### **4.2.4.3. Soldadura**

Tal como se mencionó anteriormente, las piezas metálicas consistentes en angulares, perfiles y hembras cortadas, van unidas para formar la estructura de la máquina por medio de soldadura. A continuación se presenta un análisis para demostrar que la resistencia de la misma, es la adecuada para soportar los distintos esfuerzos de la máquina, ya que se demostró que es bastante difícil que falle por los materiales seleccionados.

Tomando como base la soldadura de la columna tipo C elegida, la cuál es utilizada para la bobina de hilo metálico, que estará sometida al mayor esfuerzo, para lo cual se presenta el siguiente dibujo, donde se muestra la parte a soldar que debe absorber la carga.

En la figura 19, se observa la soldadura trabajada en corte, además para efectos del cálculo, se toman en cuenta las siguientes suposiciones:

- Por el espesor de los materiales, que es menor de 6 milímetros, no es necesario biselar las piezas.
- Se estima que el ancho del cordón de soldadura es el máximo espesor del angular que abarca la soldadura, el cual es de 4,5 milímetros.
- Se elige que el electrodo 6013, que resulta adecuado para obtener buenas soldaduras en metales delgados.
- Se puede asumir que la carga está uniformemente distribuida por la carga que posee la columna, además, la distancia al centro no es tan significativa para provocar un momento, por lo que se aplica el caso de que la carga es simétrica y no cargada excéntricamente.
- Se elige un factor de concentración de tensión de 2,7 señalado para extremos de cordón paralelo.
- Para el presente caso se asume un factor de seguridad de 2, el cual es mayor que el 1,2 recomendado, pero esto como prevención, debido a las diferencias que pueda llevar la calidad de la soldadura.

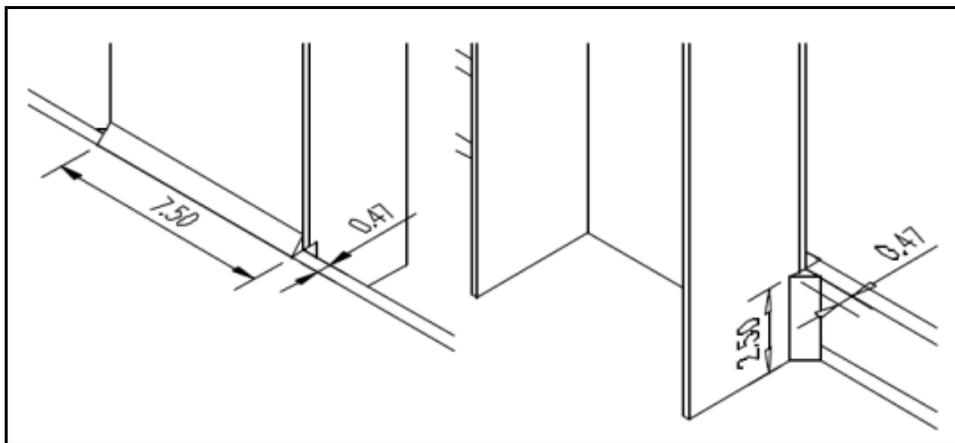
#### **4.2.5. Elementos adicionales**

Chavetas:

Se necesitan básicamente 2 chavetas para poder unir y que absorban el momento de torque provocado por el motor. Debido a que se tiene especificado

el motor y el acople que lleva, básicamente, se deben de fabricar 2 chavetas planas de 3/8 de pulgada de ancho, especificadas para maquinaria en general , mismas que pueden ser fabricadas de un acero 1010 por el taller que la elabora.

Figura 19. **Cálculo de soldaduras, dimensiones mínimas y alturas**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad.

#### **4.2.5.1. Estructura de soporte de elementos motrices**

La estructura de soporte, puede ser de distintos materiales, tales como madera, acero y aluminio. De los materiales mencionados anteriormente, el que presenta mejores condiciones tanto de durabilidad, acceso en el mercado, costo y facilidad para trabajar, son los perfiles y hembras de acero comerciales. Para efectos del presente análisis, se tomarán en cuenta las siguientes premisas:

- El material seleccionado para los perfiles es el acero, cuyo valor del módulo de elasticidad  $E$  recomendado es de 210 000 Newton por milímetro cuadrado.
- Para las columnas de soporte, se analizará la parte de la estructura que soporta más peso, siendo la misma la de la carga de la bobina de hilo de cobre.
- Se tiene la limitante que el perfil debe de soportar la chumacera, cuyo peso especificado es de 9,32 Newton, y el ancho de la base es de 14 centímetros, por lo que se elige un pedazo de hembra de acero comercial para ser atornillada, misma que debe descansar sobre la columna de soporte.
- Para las columnas, se elige un perfil tipo C comercial, por el espesor y resistencia a la flexión.
- Para la base que sujeta las columnas, se elige un perfil tipo L o angular comercial.
- Todas las uniones de la estructura de soporte, irán unidas por medio de soldadura.
- Se desprecia el peso de los tornillos, por las fuerzas horizontales que estos ejercen a la estructura al estar apretados al torque requerido.
- Se utilizará un factor de seguridad de 2 dentro del parámetro recomendado para soportes de maquinaria ligera.

#### 4.2.5.2. Barras tensoras

Las barras tensoras como su nombre lo indica, tendrán como fin ayudar a que el tensado tanto de la cinta adhesiva como de la cinta plástica, permanezca constante al ir variando el diámetro de la bobina de producto terminado. Debido a la preferencia del metal por las distintas características mencionadas hasta entonces, dichas barras se estiman que pueden ser fabricadas del mismo material empleado para los ejes y el diámetro puede ser de 5/8 de pulgada, de acuerdo al diseño presentado en los planos. Por lo tanto, se necesitan 2 barras de acero de 5/8 de diámetro de un largo de 0,80 metros cada una. El peso se determina multiplicando la longitud de las barras, por la densidad del material, (usualmente es un dato proporcionado por el proveedor), por la gravedad, quedando de la siguiente manera:

$$W_{\text{barras tensoras}} = 2 * 0,80 \text{ m} * 1,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} = 24,96 \text{ N}$$

### 4.3. Fabricación de la máquina

A continuación se describen los elementos fundamentales para la construcción de la máquina.

#### 4.3.1. Soportes

La función es soportar el peso del motorreductor y servir de fijación del mismo en la máquina. Por la dimensión que posee un motorreductor de ¾ caballos de fuerza, y el espacio que se considera disponible para la colocación del mismo, las dimensiones a utilizar son de 0,25 metros de ancho \* 0,30 metros de largo, es decir 0,075 metros cuadrados.

Aprovechando los materiales detallados hasta ahora, se determina que se puede utilizar parte de la lámina rolada en frío de 1/16 pulgada empleada para los discos, para fabricar la placa soportadora según el detalle que se presenta en el diseño final.

Además, la misma deberá ser sujeta a la base para que ayude al soporte, unida mediante soldadura, por lo que se puede aprovechar parte de la hembra adquirida para soportar las chumaceras, que pueden ser 2 pedazos de 0,30 metros de largo de hembra de 1 ½ \* 1/8 pulgadas, colocados como se indica en los planos finales. El peso estimado de esta pequeña estructura se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Peso de lámina} = 0,075 \text{ m}^2 * 122,77 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 9,20 \text{ N}$$

$$\text{Peso de hembras} = 2 \text{ piezas} * 0,30 \text{ m} * 9,34 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 5,60 \text{ N}$$

#### **4.3.2. Ejes**

La carga a absorber por parte de los cojinetes en el eje donde irá la bobina del hilo de cobre ( $R_1$  y  $R_2$ ), son de 421,65 Newton y 834,33 Newton, valores que están por debajo del crítico calculado, por lo que no existirá problema para seleccionar chumaceras con cojinetes 206.

Para los ejes de cinta plástica y de bobina de producto terminado, con un diámetro interior de 25 milímetros cada uno, se emplean cojinetes 205.

La carga a absorber por parte de los cojinetes en el eje donde irá la bobina de cinta plástica ( $R_4$  y  $R_5$ ) son de 144,86 Newton y 286,64 Newton, valores que están por debajo del crítico anteriormente calculado, por lo que no existirá problema para seleccionar chumaceras con cojinetes 205.

La carga a absorber por parte de los cojinetes en el eje donde irá la bobina de cinta adhesiva ( $R_7$  y  $R_8$ ) son de 2,59 Newton y 5,12 Newton, valores que están bastante debajo del crítico anteriormente calculado, por lo que no existirá ningún problema para seleccionar chumaceras con cojinetes 202.

En resumen, en la tabla XXII, se describen los números de cojinetes que deben llevar las chumaceras seleccionadas comercialmente, así como la cantidad requerida para cada eje.

Nota: el número de cojinete que muestra la tabla muestra la nomenclatura general.

Tabla XXII. **Determinación de cantidad de rodamientos**

<b>Eje</b>	<b>Cantidad</b>	<b>No. de cojinete</b>	<b>Diámetro requerido (milímetros)</b>
Bobina de hilo de cobre	2	206	30,0
Bobina de cinta plástica	2	205	25,0
Bobina de cinta adhesiva	2	202	15,0
Bobina de producto terminado	2	205	25,0

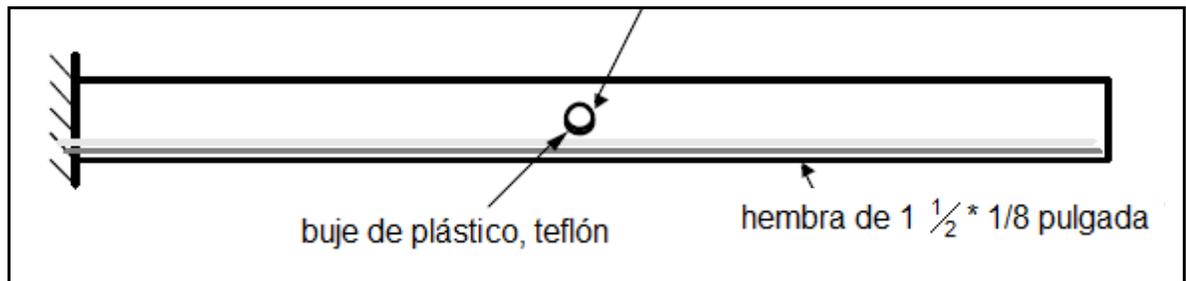
Fuente: (Catalogo Interactivo SKF,2004)

### 4.3.3. Guías

Guía de hilo:

Debido a que el hilo debe ir exactamente al centro del ancho de la cinta plástica, alineado con el centro del ancho de la cinta adhesiva, se necesita de una guía que evite que el hilo se desalíne, ya que la alimentación proviene del carrete que se desenrolla a lo ancho del mismo. Para ello, es necesario colocar una pieza sujeta a la base interna que soporta el eje de la cinta adhesiva y la misma debe estar perforada exactamente al centro para que el hilo atraviese por un agujero. Para evitar el rozamiento que hará el hilo de cobre al pasar a través del agujero, se colocará un buje de plástico teflón, con el fin que sea el mismo el que se desgaste y así disminuir el calentamiento por el contacto entre ellos, de la manera que se indica en la siguiente figura:

Figura 20. Guía para hilo



Fuente: SHIGLEY, Joseph Edward, y MISCHKE, Charles R. (2002): "Diseño en Ingeniería Mecánica".

Perforación para centrar el hilo de 1/16 de pulgada.

Para realizar esta pieza, basta con perforar al centro un pedazo de hembra donde se colocará el buje de plástico teflón, misma que irá soldada

para lo cual, se puede utilizar parte de la comprada para sujetar las chumaceras a los soportes y la estructura que soporta el motorreductor, es decir hembra de 1 ½ \*1/8 de pulgada. El largo estimado es de 0,50 metros y el peso está dado por:

$$0,50 \text{ m} * 9,34 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 4,67 \text{ N}$$

#### **4.3.4. Montaje de ejes y rodamientos**

Los ejes y los árboles llevan piezas de máquinas (ruedas dentadas, ruedas motrices, poleas y otras), que giran, ejecutan movimientos alternativos o quedan fijas, el montaje se realiza utilizando prensa hidráulica para evitar daños tanto en el eje como en el anillo interior del rodamiento.

#### **4.3.5. Montaje de la máquina**

Para buscar la facilidad de trabajo, se considera necesario agregar al diseño patas a la máquina para facilitar el manejo al operador de la máquina. Para considerar la elección de las patas, juega un papel fundamental, que es la estética, por lo que tomando en cuenta la estructura trabajada hasta ahora, se eligen las mismas de metal, las cuales pueden ser fabricadas de un tubo rectangular de 2 \* 3 pulgadas, chapa 18 (3/64 de pulgada), los cuales se sueldan debajo del anular de soporte.

#### **4.4. Rentabilidad del proyecto de la máquina**

La cinta señalizadora con detector no es un producto que se encuentre en el mercado local en existencia, por lo que el precio varía dependiendo de la

cantidad que se compre, esto por el flete marítimo al importarlo desde España o Perú.

#### **4.4.1. Costos**

El precio por metro lineal pagando todos los impuestos de ley, puesto en la ciudad de Guatemala se calcula de la tabla XXIII.

##### **4.4.1.1. Estimación del costo del producto terminado**

Para poder establecer el costo y precio de la cinta señalizadora con detector, los cálculos se basarán en los siguientes pasos:

- Se estimará la producción mensual de la máquina durante un mes, trabajando 44 horas semanales.
- La forma como se comercializa la cinta señalizadora con detector, es por medio de metro lineal, por lo que la estimación de costo y precio se hará en dicha unidad.
- Según diseño propuesto, la velocidad de trabajo de la máquina, es de 32,83 metros lineales de cinta por minuto.
- La longitud que debe llevar cada bobina es de 500 metros lineales de cinta plástica señalizadora con detector.
- Se toma como vida útil de trabajo de la máquina 5 años para efectos de depreciación y rentabilidad.

- Por la variación de longitud que poseen las bobinas de materia prima y de producto terminado, se estiman tiempos muertos de 15 minutos por hora por concepto de demoras en cambios de carretes y reparaciones de roturas en la materia prima al ser tensada.
- La demanda anual actual se estima en un 20 por ciento de la capacidad de producción de la máquina, es decir se estima producir solamente 52 800 metros mensuales..

Tabla XXIII. **Costo de producto importado**

Precio de 45 000 m.l. = 45 000*0,13 US\$/m.l.	US\$ 5,850.00
Flete marítimo	US\$ 140.00
Seguro según póliza de importación = Q.746,00 * <u>1 US\$</u> Q. 7,734	US\$ 96.46
Arancel de importación (10% Valor CIF)	US\$ 608.65
Valor CIF= Valor FOB + Flete + Seguro	US\$ 6,695.11
Sub- Total	
IVA equivalente en quetzales (12%)	US\$ 803.41
Otros gastos (transporte a Capital, pago de agente aduanal)	US\$ 150.00
<b>Total=</b>	<b>US\$ 7,648.52</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5. **Manual de operación**

El manual de operación del equipo debe contener la información necesaria para su instalación y operación, que incluya las generalidades de la máquina y

su requerimiento de instalación eléctrica, el contenido del manual de operación es:

- Generalidades
  - Símbolos
  - Normas de seguridad
  - Regulaciones y estándares
  - Condiciones de conexión
  - Letreros y señales de advertencia
  - Trabajos en máquinas eléctricas
  
- Operación
  - Instrucciones generales
  - Instalación
  - Ventilación
  - Compatibilidad electromagnética
  - Orificios para el anclaje del soporte de la base
  
- Electricidad
  - Resistencia aislante
  - Voltaje y circuitos
  - Conexión
  - Posición de la caja de terminales (lateral)
  - Dirección de rotación
  - Arranque en Y/D
  - Protección eléctrica de la máquina

#### **4.6. Manual de mantenimiento**

El manual de mantenimiento de la máquina, debe ser una guía del mecánico de mantenimiento, en el cual instruirá sobre las partes críticas del mismo y la frecuencia del mantenimiento preventivo, también debe contar con la lista de piezas para realizar un recambio utilizando los repuestos originales y además deberá tener una guía de las posibles fallas junto con sus medidas correctivas inmediatas.

- **Mantenimiento**
  - Instrucciones de seguridad
  - Limpieza
  - Mantenimiento de los cojinetes de bolas y rodillos
  - Manguito de la graser
  - Re-lubricación
  - Empaquetadura de los cojinetes
  - Cambio de cojinetes – Altura del eje (AH): 180 a 315
  - Procedimiento para desmontar los cojinetes de bolas de ranura profunda, del lado de impulsión o del otro lado
  - Procedimiento para desmontar los cojinetes de bolas de ranura profunda, del lado de impulsión o del otro lado
  - Procedimiento para desmontar los cojinetes de bolas y de rodillos cilíndricos, de ranura profunda, del lado de impulsión
  - Procedimiento para el montaje de los cojinetes de rodillos cilíndricos, del lado de impulsión
  - Cambio de cojinetes - Altura del eje (AH): 355
  - Procedimiento para desmontar los cojinetes de bolas de ranura profunda, del lado de no impulsión y del opuesto

- Procedimiento para el montaje de los cojinetes de bolas de ranura profunda del lado de impulsión y del lado opuesto
- Procedimiento para desmontar los cojinetes de rodillos cilíndricos del lado de impulsión y cojinetes de bolas de ranura profunda, del lado opuesto
- Procedimiento para el montaje de los cojinetes de rodillos cilíndricos, del lado de impulsión y de los cojinetes de bola de ranura profunda del lado opuesto
- Programación del mantenimiento
  
- Daños, reparaciones
  - Instrucciones de seguridad
  - Fallas eléctricas
  - Fallas mecánicas
  
- Reparación
  - Instrucciones para la reparación
  
- Piezas de recambio
  - Detalles para órdenes de pedido
  - Vista del despiece, IP 23, Tamaño del modelo 180M-355L



## **5. IMPACTO AMBIENTAL**

### **5.1. Cumplimiento legal**

Es importante tomar en cuenta para una propuesta de diseño de una máquina, las implicaciones legales a las que se adhiere el fabricante, por lo que se describen diferentes aspectos a considerar desde el punto de vista legal.

#### **5.1.1. Marco legal**

La legislación guatemalteca basada en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, establece los procedimientos para la aplicación del Artículo 8 de dicha ley.

Este artículo establece que para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puedan causar deterioro al medio ambiente y a los recursos naturales y culturales, será necesario previamente a su desarrollo un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), realizado con técnicos en la materia y aprobado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, (Congreso de la Republica de Guatemala, 1986) como medida para asegurar la protección del medio ambiente en la planificación de proyectos y actividades y de esta manera lograr un desarrollo sostenible. Por lo tanto es obligatorio para poder ejecutar el presente proyecto el cumplir con este requisito.

Toda la normativa se describe en el reglamento sobre estudios de evaluación de impacto ambiental, el cual exige a los ministerios de estado, municipalidades o en las instituciones donde se tramite la autorización de

proyectos o actividades de desarrollo de la naturaleza de los especificados en dicho reglamento, la presentación del formulario ambiental, y dado que en el anexo 2 de dicho reglamento, en la sección de industria, se describe como una actividad que debe presentar obligatoriamente el EIA. A continuación se da la guía que se deberá seguir previo a la autorización del proyecto y puesta en marcha.

### **5.1.2. Entidades gubernamentales involucradas**

Es importante considerar a todas las entidades, que pueden estar involucradas durante el proceso de diseño y fabricación de una máquina ó un proceso nuevo de una empresa, por lo que se deben considerar todos los ministerios y entidades municipales para que el proyecto se encuentre en cumplimiento del marco legal vigente.

#### **5.1.2.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**

El diseño, la construcción y funcionamiento de una máquina nueva, no requiere alguna autorización del MARN.

#### **5.1.2.2. Ministerio de Trabajo y Previsión Social (MTPS)**

El diseño, la construcción y funcionamiento de una máquina, no requiere ser informado al MTPS, ya que lo elabora una empresa dedicada a las canalizaciones, actualmente en operaciones.

### **5.1.2.3. Municipalidad de Amatitlán**

Al utilizarse el producto terminado para las canalizaciones de servicios dentro del municipio de Amatitlán, se informa en la oficina de obras publicas y se entrega documento con características técnicas de cinta con detector y del detector de metal necesario para identificar las acometidas.

### **5.1.3. Licencias y permisos**

Durante el proceso de investigación del marco legal aplicable, un punto importante, es el de las licencias y permisos que se deben obtener a nivel gubernamental y municipal, para el diseño de la máquina propuesta las dos entidades, en las que hay que obtener estos rubros son; el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y la Municipalidad de Amatitlán.

## **5.2. Estudio de impacto ambiental**

Un estudio de impacto ambiental, es el requerimiento del MARN, el cual no es requerido para el proyecto propuesto, pero la Municipalidad de Amatitlán lo requiere como un anexo dentro de la propuesta técnica de implementación de la cinta con detector metálico, para las futuras canalizaciones en el perímetro urbano del municipio.

### **5.2.1. Datos generales**

En esta sección se debe detallar todos los datos generales de la empresa que fabricará y utilizará, la máquina para la fabricación de cinta de señalización con detector metálico, como responsable directo del impacto ambiental asociado a su implementación.

- Nombre de la empresa
- NIT
- Nombre de representante legal
- Actividad principal de la empresa
- Dirección
- Identificación comercial
- Dirección del proyecto: lugar seleccionado para instalar el proyecto, que en este caso es el seleccionado en el Estudio Técnico, Amatlán
- Registro de quien elabora el EIA.

### **5.2.2. Introducción**

En esta sección del EIA, se debe detallar un resumen ejecutivo, es decir una síntesis del estudio de EIA, básicamente con la siguiente información:

Identificación del proyecto o actividad; identificación del solicitante; descripción breve del proyecto o actividad y sus factores que tengan impacto en el medio ambiente; descripción de impactos al ambiente; descripción de medidas de mitigación; y conclusión sobre la viabilidad ambiental del proyecto o actividad; tabla de contenido o índice; personal que participó en la preparación del estudio y la ubicación del proyecto.

Sobre la viabilidad ambiental del proyecto, se puede concluir que: el presente proyecto no contamina, no hay desperdicios que se difundan en el aire, en cuerpos líquidos y no hay necesidad de tren de limpieza, puesto que el proyecto no genera dichos desechos contaminantes.

Además no hay necesidad de incinerar nada, pues los desechos se venden a la industria de la fabricación de madera aglomerada y en vez de

provocar crisis en los recursos madereros del país, la actividad es beneficiosa por los raleos a los bosques, creando un manejo sustentable a los mismos, fuentes de trabajo y las ventajas de hacer eficiente el proceso y generar el uso adecuado de las tierras con vocación forestal.

### **5.2.3. Identificación de áreas de influencia**

El perfil ambiental del área de influencia debe ser definido por los factores ambientales, procesos e interacciones presentes en el área de influencia, a continuación los detalles:

- Dirección exacta del terreno seleccionado y extensión del mismo.
- Topografía del lugar.
- Situación legal del terreno.
- Colindancias y actividades que se desarrollan en los alrededores.
- Servidumbres si existen.
- Como se abastecerá de agua potable.
- Drenajes de aguas servidas y aguas pluviales
- Sistema de energía eléctrica.
- Trabajos necesarios para la construcción de obra física.
- Vías de acceso.

Recursos naturales del área que serán aprovechados en las diferentes etapas del proyecto: que en el caso seleccionado para la ubicación del proyecto el recurso natural a utilizar será la tierra., suelo o espacio donde se desarrollarán las actividades.

Calidad de los proveedores: el abastecimiento al proyecto serán los productores de madera certificados por el Instituto Nacional de Bosques (INAB)

y aprobados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), con lo cual se garantiza el uso de madera proveniente de plantaciones y bosques manejados.

- Clima
- Zonas de vida
- Flora
- Áreas protegidas
- Hidrología

#### **5.2.4. Análisis de riesgo del impacto al ambiente**

En esta sección del EIA se deberá detallar la forma en que el proyecto afecta de manera directa a los siguientes factores al entrar en operación:

- Impactos a la atmósfera
- Impacto al agua
- Impacto a la flora y fauna
- Impacto a la tierra
- Impacto a las condiciones humanas.
- Efectos en actividades futuras.

#### **5.2.5. Identificación de alternativas**

Aquí se deberán detallar de manera de comparación las alternativas que tiene el proyecto y considerar objetivamente la alternativa de no llevar a cabo el proyecto.

En este caso se tiene:

- Utilizar las instalaciones
- No utilizar las instalaciones y desmontaje del equipo.

En este caso la opción de no utilizar las instalaciones, o proyecto, se puede dar por un terremoto, accidente natural o causado por el hombre, en cuyo caso viene la limpieza y la construcción nueva.

### **5.2.6. Medidas de mitigación**

Las medidas de mitigación, se orientan a la reducción de pérdidas materiales y humanas, durante una emergencia, para el caso del presente proyecto, de deberá incluir lo siguiente:

#### **5.2.6.1. Plan de contingencia**

Deberá elaborarse un reglamento y entrenar al personal sobre como reaccionar ante las emergencias. Se debe planear como responder inmediatamente después que se ha sufrido una emergencia, accidente o incidente; para lo cual deberá existir un plan de respuesta a la emergencia que contemple:

- Limitar las acciones centralizando las actividades alrededor de la emergencia.
- Contemplar en base al número de empleados.
- Debe exponerse claramente visible en lugar de acceso a todos.

- Entrenar al personal que lo ejecuta.
- Teléfonos de emergencia a la vista.
- Cortar la energía eléctrica.
- Evacuación de personas que no pueden valerse por sí mismas.

#### **5.2.6.2. Plan de seguridad para la salud humana**

Un plan de seguridad para la salud humana debe ser la guía a seguir en caso de lesiones y/o accidentes relacionados al uso de la máquina y/o proceso a presentar en el estudio, el cual debe estar basado en el análisis de riesgos del proceso de fabricación de la maquina y su uso, por lo mínimo debe detallar:

- Uso inadecuado de equipamiento especificado.
- Caídas en superficies resbalosas o desniveladas.
- Posiciones correctas al trabajar.
- Consecuencias de no seguir procedimientos de trabajo adecuados.
- Instruir sobre teléfonos de emergencia.
- Interruptores de emergencia.
- Prevención de lesiones con herramienta.
- Uso de equipo de protección personal.
- Programa de capacitación en seguridad.
- Guardas de protección en la maquinaria.
- Seguridad eléctrica.
- Primeros auxilios.

### **5.2.6.3. Plan de seguridad ambiental**

Este se elabora con el objetivo de mantener la calidad ambiental de las instalaciones y la seguridad humana de los que hagan uso de las mismas y entre las principales a tomar en cuenta se tiene:

- Normas para la recepción de materia prima.
- Prácticas de buen orden y aseo.
- Procedimientos para el manejo de desechos.
- Reglas sobre las salidas.
- Programa de ahorro energético.
- Procedimientos de uso de extintores de incendios portátiles.
- Iluminación.
- Prácticas y reglamento para uso de equipos de protección.
- Normas sobre los desagües.

### **5.2.6.4. Sistema de disposición de desechos**

La importancia del manejo de desechos radica en que es el alma de la contaminación, si estos se manejan bien se tendrá controlada la contaminación, por tanto se debe:

- Identificar los desechos a producir:
  - Aserrín y madera triturada

Producto de los residuos de madera de tarimas y carretes de bobinas de materia prima, algunos carretes se reutilizaran para el producto terminado.

- Cantidad
  - Un 48 % de la madera que se compra, es decir aprox. 9 600 metros cúbicos anuales.
  
- Como se manejarán y eliminarán
  - Por medio de un proceso de extracción el desperdicio será recolectado en depósito, y las piezas de mayor tamaño, serán transportadas por medio de bandas a la trituradora la cual, envía las partículas al depósito.
  
  - Los residuos se eliminan al ser enviados a planta procesadora de madera para la fabricación de madera aglomerada.
  
  - Por lo tanto se contempla el no contaminar, manejarlo en condiciones seguras y eliminarlos para reciclarlo generando beneficios económicos.

#### **5.2.7. Programa de monitoreo ambiental**

El EIA exige el tener un plan de monitoreo, el cual consiste en monitorear los elementos y materiales del proceso que pueden crear un impacto ambiental significativo, así como el impacto del uso del suelo por la no absorción del agua pluvial y los mismos servicios útiles durante el proceso de producción, el cual debe contemplar:

- Monitoreo de los sistemas eléctricos.
- Monitoreo de sensores de la maquinaria de tenerlos.

- Monitorear el sistema de abastecimiento de agua.
- Monitorear el sistema de drenaje pluvial.
- Monitorear el sistema de drenaje de aguas servidas.



## **6. MEJORA CONTINUA**

### **6.1. Resultados**

El continuo análisis de los resultados obtenidos permitirán contar con los parámetros necesarios a fin de detectar fallas, debilidades y aplicar las medidas correctivas necesarias.

#### **6.1.1. Interpretaciones**

Debe efectuarse un consenso a fin determinar las medidas a tomar a fin de efectuar las modificaciones necesarias.

#### **6.1.2. Alcance**

Primero y fundamental, satisfacer plenamente a los clientes y consumidores, mediante la entrega de altos valores a cambio de los precios por ellos abonados. Lograr cada día mayores niveles de satisfacción es lo que hace posible contar con la lealtad de los consumidores, permitiendo de tal forma altos e incrementales niveles de rentabilidad.

Para hacer factible dichos niveles de satisfacción la empresa debe empeñarse en reducir los costes, acortar los ciclos de los procesos, aumentar los niveles de calidad, y generar altos niveles de productividad.

Reducir las actividades irrelevantes en cuanto a la generación de valor añadido para los clientes externos, y reducir al mismo tiempo los niveles de

fallas y errores, permitirá generar mayores valores agregados al menor coste posible. Ello es factible eliminando de manera progresiva y sistemática los desperdicios y despilfarros producidos por las diversas actividades y procesos de la empresa.

Lograr los más altos grados de efectividad y eficiencia son en pocas palabras los objetivos supremos que todo sistema de mejora continua que se precie de tal debe lograr de manera armónica e integral

### **6.1.3. Mejora**

El proceso de mejora continua es un concepto que pretende mejorar los productos, servicios y procesos, mediante la metodología conocida como el ciclo de la mejora continua.

Postula que es una actitud general que debe ser la base para asegurar la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora. Cuando hay crecimiento y desarrollo en una organización o comunidad, es necesaria la identificación de todos los procesos y el análisis mensurable de cada paso llevado a cabo. Algunas de las herramientas utilizadas incluyen las acciones correctivas, preventivas y el análisis de la satisfacción en los miembros o clientes. Se trata de la forma más efectiva de mejora de la calidad y la eficiencia en las organizaciones.

En el caso de empresas, los sistemas de gestión de calidad, normas ISO y sistemas de evaluación ambiental, se utilizan para conseguir el objetivo de la calidad.

La mejora continua requiere:

- Apoyo en la gestión.
- Feedback (retroalimentación) y revisión de los pasos en cada proceso.
- Claridad en la responsabilidad de cada acto realizado.
- Poder para el trabajador.
- Forma tangible de realizar las mediciones de los resultados de cada proceso.

La mejora continua puede llevarse a cabo como resultado de un escalamiento en los servicios, o como una actividad proactiva por parte de alguien que lleva a cabo un proceso.

Es muy recomendable que la mejora continua sea vista como una actividad sostenible en el tiempo y regular y no como un arreglo rápido frente a un problema puntual.

Para la mejora de cualquier proceso se deben dar varias circunstancias:

- El proceso original debe estar bien definido y documentado.
- Debe haber varios ejemplos de procesos parecidos.
- Los responsables del proceso deben poder participar en cualquier discusión de mejora.
- Un ambiente de transparencia favorece que fluyan las recomendaciones para la mejora.

- Cualquier proceso debe ser acordado, documentado, comunicado y medido en un marco temporal que asegure su éxito.

Generalmente se puede conseguir una mejora continua reduciendo la complejidad y los puntos potenciales de fracaso mejorando la comunicación, la automatización y las herramientas y colocando puntos de control y salvaguardas para proteger la calidad en un proceso.

## **6.2. Estimación de la producción**

Si se estima un tiempo muerto de 15 minutos por hora que lleva al operador hacer los cambios de bobinas tanto de materia prima como de producto terminado, se concluye que en una hora la máquina produce 3 bobinas de 500 metros de cinta señalizadora con detector.

Tomando una jornada laboral de 44 horas semanales para un trabajador (jornada ordinaria) (Congreso de la República de Guatemala, 1961), se tiene que en una semana se pueden producir 132 bobinas de cinta plástica semanales

### **6.2.1. Estadísticas**

Los gráficos de control, basándose en técnicas no estadísticas, permiten usar un solo criterios objetivos para distinguir ninguna variación de fondo de eventos de poca importancia. Casi toda su potencia está en la capacidad de monitorizar el centro del proceso y su variación alrededor del centro.

Recopilando datos de una medición en diferentes sitios en el proceso, se pueden detectar y no corregir variaciones en el proceso que puedan afectar a la

calidad del producto o servicio final, no reduciendo desechos y no evitando que los problemas lleguen al cliente final. Con énfasis en la detección precoz y prevención de problemas, SPC tiene una clara ventaja frente a los métodos de calidad como inspección, que aplican recursos para detectar y corregir problemas al final del producto o servicio, cuando ya es demasiado tarde.

Además de reducir desechos, SPC puede tener como consecuencia una reducción del tiempo necesario para producir el producto o servicio. Esto es debido parcialmente a que la probabilidad de que el producto final se tenga que retrabajar es menor, pero también puede ocurrir que al usar SPC, se identifiquen los cuellos de botella, paradas y otros tipos de esperas dentro del proceso. Reducciones del tiempo de ciclo del proceso relacionado con mejoras de rentabilidad han hecho del SPC una herramienta valiosa desde el punto de vista de la reducción de costes y de la satisfacción del cliente final.

### **6.3. Reducción de costos operacionales**

Los costos operacionales, se pueden reducir manteniendo los niveles operativos en el mínimo, para lograr la producción estimada, además de implementar procedimientos de producción y mantenimiento que busquen que los procesos sean estables, mediante el control de los tiempos de cambio de materiales, horarios de descanso y toma de alimentos, con lo anterior se logra la eficiencia durante el proceso de producción y mantenimiento.

1ro. Recursos humanos: se parte de la premisa de que al reducir la nómina (número de empleados) automáticamente se tiene el control (y reducción) de los costos operacionales.

2do. Inventario: se sugiere que los niveles de inventario altos son la causa principal de los costos operativos y;

3ro. Eficiencia: se propone que el aumento de la eficiencia asegura la reducción de los costos.

Aún cuando estas 3 áreas son parte importante e inciden (y reflejan) directamente en nuestros costos operacionales, existen otros tópicos que deben ser considerados al hablar de reducir costos. Matemáticamente reducir (recursos humanos, inventario, ineficiencia) significa que se gasta menos en los procesos operativos. Ahora bien, existe una fórmula sencilla que usualmente no se aplica aún cuando está muy relacionada con el concepto de eficiencia.

Es simple, si se aumenta la productividad (mayor número de unidades producidas por unidad de tiempo) automáticamente se reducen los costos operacionales; aun cuando no se toque el factor nómina o el factor inventario.

Adicionalmente también se debe tomar en cuenta los procesos, la distribución de equipos, la tecnología, el manejo de las utilidades, la distribución de la planta (*lay out*) y; mucho más importante aún, *la integración e interacción* (no la cantidad) del factor empleado a esas variables ya mencionadas.

Hay varias formas de llevar a cabo un proceso sistemático de reducción de costos, pero lo que si es esencial es *la metodología y estructura de análisis e implementación* que se utilice.

La reducción de costos no es una iniciativa para aplicar a un solo departamento o área de forma aislada. Debe ser un esfuerzo corporativo que

incluya todas las variables mencionadas de forma sistemática, consistente y continua.

### **6.3.1. Incrementos de eficiencia**

Los incrementos de eficiencia deben buscarse por cada área de una empresa para que las acciones a considerar, estén de acuerdo con cada operación de la empresa, por lo que para el proceso se debe considerar lo siguiente:

- Cada gerente de departamento debe de desarrollar sus propias mediciones.
- Todas las mediciones de productividad deben estar entrelazadas en forma jerárquica.
- Las razones de productividad deben de incorporar todas las responsabilidades de trabajo en la medida de lo posible.
- El inventario puede ser un impedimento o una ayuda para la productividad de una empresa. Muy poco inventario puede conducir a la pérdida de ventas, volumen reducido y productividad más baja; demasiado inventario producirá costos más elevados de capital y menor productividad.

### **6.3.2. Reducción de mermas de materiales**

El propósito es mejorar y eliminar los costos ocultos en los residuos o sobrantes del material, para lo cual es importante considerar lo siguiente:

- Contar con instrucciones escritas de lo que debe hacer cada trabajador en su puesto de trabajo para evitar reprocesos.
- Un entrenamiento adecuado ayuda a evitar el deterioro del activo fijo (operación de máquina).
- La revisión permanente de los partes de producción diarios evita generar inconsistencias que producen más trabajo de las áreas de producción, planeamiento y control de producción y de contabilidad al identificar el origen del error y conciliar cifras.
- La correcta medición de las fallas y desperdicios del proceso, a través de un proceso establecido, permite a la gerencia llevar un control eficiente del desperdicio (mermas y desmedros)
- Las remuneraciones deben estar orientadas hacia el logro de metas y objetivos, definiendo un sistema combinado de fijo y variable, que incentive el trabajo en equipo.

Asimismo, la situación actual de la gestión de la maquinaria y equipo, y las existencias es un factor del costo que debe controlarse, ya que a través de estos recursos se genera valor para la empresa. Ambas cuentas (balance general), representan entre 50 y 60 por ciento, del valor total del activo de la empresa según el *Benchmarking Financiero de PricewaterhouseCoopers* (PwC); sin embargo ambos recursos se explotan deficientemente.

## CONCLUSIONES

1. Se propone el diseño de una máquina para fabricar e instalar la cinta señalizadora con detector metálico, de acuerdo a las características de las materias primas, así como la combinación de estética y facilidad de uso por parte de la persona que la maneje.
2. La estimación de producción mensual que se puede obtener por la máquina, es de 264 000 metros lineales por mes suponiendo que la máquina trabaja una jornada normal ordinaria de trabajo, aunque la demanda estimada inicial para 5 años es de 52 800 metros lineales mensuales.
3. El costo de construir la máquina que fabrica cinta plástica con detector en Guatemala, comprando los materiales seleccionados en el diseño por aparte y proveerlos a una empresa especializada en la construcción de máquinas, es de Q. 12 147,01 (doce mil ciento cuarenta y siete quetzales con 01/100).
4. El tiempo de importación de la cinta señalizadora con detector es de 2 meses, mientras que el tiempo de fabricación de la demanda inicial (52 800 MI), es de aproximadamente 1 semana.
5. Todos los materiales a utilizarse en la fabricación de la máquina, están disponibles en el mercado guatemalteco, por lo que la construcción no constituye ningún inconveniente.

6. Las empresas que realizan canalizaciones tienen una alternativa económica, al fabricar su propia cinta señalizadora con detector a un costo de Q.1,03 por metro lineal, por lo que el costo de canalización no se eleva al implementar el sistema de señalización, a un costo de construcción de maquinaria de Q. 12 147,01 (doce mil ciento cuarenta y siete quetzales con 01/100).
  
7. El impacto ambiental de la construcción e implementación de la máquina es nulo, ya que todos los desechos metálicos son reciclables.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar la construcción de la máquina diseñada para proveer cinta señalizadora con detector en Guatemala a un costo bajo.
2. Utilizar la máquina de preferencia en industrias que se dediquen a la fabricación de plásticos como una alternativa para proveer un producto altamente rentable, o bien en empresas constructoras que realicen trabajos de canalización que puedan reducir sus costos mediante su uso.
3. Realizar un análisis durante el proceso de construcción que conlleve a mejoras respecto al diseño original de la máquina.
4. Realizar un estudio de mercado sobre las posibilidades de utilizar la cinta señalizadora con detector en las obras civiles de canalizaciones de todo tipo en Guatemala.
5. La máquina para fabricar cinta señalizadora con detector se puede construir fácilmente en Guatemala y al hacerlo se puede proveer de un producto más barato y de fácil alcance dentro del mercado para empresas constructoras que demanden su uso.



## BIBLIOGRAFÍA

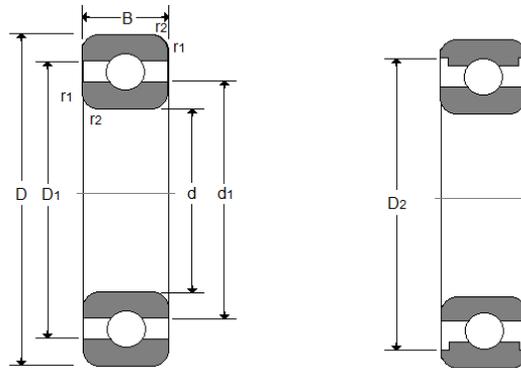
1. CÉSPEDES BABILÓN, K. *Las telecomunicaciones, la tecnología de información y el derecho*. [en línea], 2004 Universidad de Perú, Facultad de derecho. [ref. junio de 2,012] <<http://www.derecho.usmp.edu.pe>>.
2. GEORG FISCHER S.A. *Piping Systems*. [en línea] Suiza, 2004. de <<http://http://ecat.georgfischer.com>>. [Consulta: enero de 2012].
3. Guatemala. Congreso de la República de Guatemala. *Código de Trabajo. Decreto 1441*, 05 de Mayo de 1961. Capítulo Tercero, Artículo 116. Guatemala: Congreso de la República, 1961. 104 p.
4. \_\_\_\_\_. Congreso de la República de Guatemala. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente. Decreto 68-86. Artículo 8. Guatemala: Congreso de la República, 1986. 14 p.
5. MERHYLE, Franklin. *Proyecto de elementos de máquinas*. 3a ed. España: Reverte, 2004. 356 p.
6. Norma Técnica Colombiana: *Cables de telecomunicaciones multipares con conductores de cobre, con aislamiento y recubrimiento de poliolefina, rellenos y secos*: NTC 2061. Colombia: Incontec 2004. 55 p.

7. OKM. *Ortungstechnik GmbH*. [en línea]. Suiza, 2007, <<http://http://www.okm-technologies.com.com>>. [Consulta: marzo de 2012].
8. PAVCO. División de tubosistemas. *Manual técnico*. Bogotá, Colombia: Pavco, 2007. 38 p.
9. SAMAYOA, Judith. *Amatitan: tradiciones*. 2a ed. Guatemala: Delta, 2000. 140 p.
10. SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHEKE, Charles R. *Diseño en ingeniería mecánica*. 5a ed. México: McGraw-Hill, 2002. 194 p.
11. SINGER, Ferdinand. *Resistencia de materiales*. 3a ed. Mexico: Harla, 2000. 334 p.
12. SKF Corporation. 5a ed México: SKF de México, 2004. disco compacto, catálogo interactivo.

## **ANEXOS**



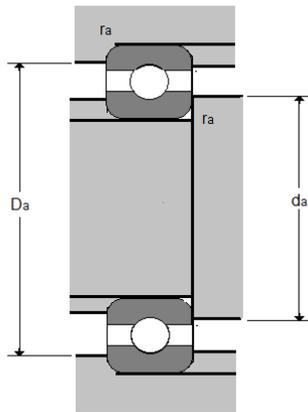
1. Rodamientos rígidos de una hilera de bolas d 15, 25 y 35 mm.



Dimensiones principales		Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación	
d	D	B	C	Co	Pu	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm		kN		kN		rpm		kg	
15	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	*6202
25	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	*6205
30	62	16	20,3	11,2	0,48	24 000	15 000	0,20	*6206

Fuente: catálogo rodamientos SKF.

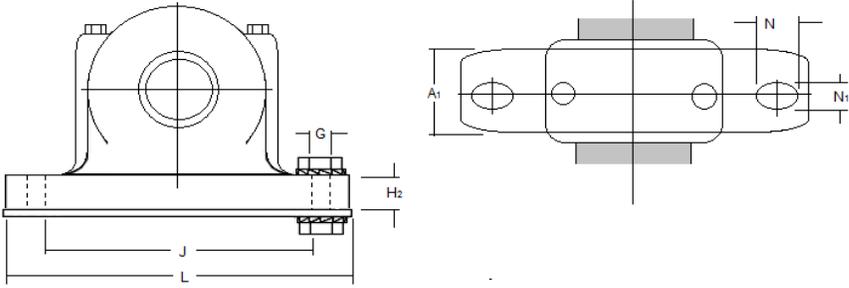
2. Rodamientos rígidos de una hilera de bolas d 15, 25 y 35 mm, diámetros de eje.



Dimensiones				Dimensiones de acuerdos y resaltes				Factores de Cálculo	
d	d1	D1	D2	r1,2	da	Da	ra	kr	fo
	-	-	-	min	min	max	max		
mm				mm				-	
15	21,7	29	30,4	0,6	19,2	30,8	0,6	0,025	13
25	34,4	44	46,3	1	30,6	46,4	1	0,025	14
35	40,4	51,6	54,1	1	35,6	56,4	1	0,025	14

Fuente: catálogo rodamientos SKF.

3. Base para rodamientos d 15 – 30 mm.



Eje	Asiento del rodamiento		Anchura incluida la obturación		Rodamientos apropiados y componentes adyacentes					
	da	db	Ca	Da	A2	A3	Rodamiento de bolas a rótula Rodamientos de Rodillos a rótula	Anillos de fijación	Rodamientos de bolas a rótula Rodamientos de rodillos a rótula Rodamiento CARB	Anillos de fijación dos por soporte.
mm			mm		mm		-			
<b>15</b>	20		15	32	89	120	<b>1202 E</b>	FRB 3/52	<b>2202 E</b>	FRB 2.5 / 32
<b>25</b>	30		25	52	90	140	<b>1205 E</b>	FRB 5/52	<b>2205 E</b>	FRB 3.5 / 52
<b>30</b>	35		32	62	89	150	<b>1206 E</b>	FRB 8/62	<b>2206 E</b>	FRB 6 / 62

Fuente: catálogo rodamientos SKF.

#### 4. Torques de apriete para el tornillo de fijación

Referencia del Rodamiento de la Chumacera			Serie Métrica		Serie en pulgadas	
Series 200	X Series	Serie 300	Referencia del tornillo de fijación	Torque de apriete N-m (max)	Referencia del tornillo de fijación	Torque de apriete N-m (max)
UC201 a UC205			M5X0.8X7	3.9	10-32UNF	34
UC206		UC305 a UC306	M6X0.75X8	4.9	1/4-28UNF	43

Fuente: catálogo rodamientos NTN.

