ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

ESTUDIO TECNOLÓGICO DE LA FABRICACIÓN DE CABLES TELEFÓNICOS, Y DISEÑO DE UN LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CABLES TELEFÓNICOS PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

KARINA ANDREA SALAZAR ULLOA

DIRECTOR: ING. ERWIN BARRIGA

Quito, Noviembre 2003

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto ha sido realizado en su totalidad por la Señorita Karina Andrea Salazar Ulloa.

ING. ERWIN BARRIGA
Director del Proyecto

DECLARACION

Yo, KARINA ANDREA SALAZAR ULLOA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí presente es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a es trabajo, la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

KARINA SALAZAR U.

CONTENIDO

CONTENIDO 1

RESUMEN 3

CAPITULO 1. TIPOS Y ESPECIFICACIONES DE CABLES Y MATERIAS PRIMAS.

1.1 Tipos de Cables
- 1.1.1 Estructura de Cables Telefónicos 5
- 1.1.2 Construcción 10
- 1.1.3 Cable telefónico multipar para interiores (EKKX) 11
- 1.1.4 Cable telefónico relleno con gelatina de petróleo con pantalla (ELAL – JF) 12
- 1.1.5 Cable telefónico relleno con gelatina de petróleo autosoportado (ELALC – JF) 13
- 1.1.6 Cable telefónico relleno con gelatina de petróleo sin pantalla (ELLY – JF) 13
- 1.1.7 Cable telefónico seco autosoportado (ELALC) 14
- 1.1.8 Cable telefónico seco con pantalla (ELAL) 14
- 1.1.9 Cable telefónico seco sin pantalla (ELLY) 15
- 1.1.10 Cables telefónicos con aislamiento Foam Skin 15

1.2 Materias Primas
- 1.2.1 Cobre para el conductor 16
- 1.2.2 Polipropileno 17
- 1.2.3 Polietileno 18
- 1.2.4 Cloruro de polivinilo (PVC) 22
- 1.2.5 Mensajero 23
- 1.2.6 Compuesto de relleno (filling compound) 25
- 1.2.7 Características del material inundante (flooding compound) 27
- 1.2.8 Pantalla de aluminio 28

CAPITULO 2 : PROCESOS DE PRODUCCION

2.1 Trefilación 29
2.2 Aislamiento 39
2.3 Pareado 46
2.4 Reunido 46
2.5 Chaqueta 47

CAPITULO 3: PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

3.1 Pruebas durante fabricación
- 3.1.1 Pruebas en el conductor 51
- 3.1.2 Espesor de aislamiento y chaqueta 51

3.2 Pruebas para cables terminados
- 3.2.1 Continuidad del conductor 52
- 3.2.2 Continuidad de la pantalla 52
- 3.2.3 Resistencia de Conductor 53

3.2.4 Resistencia de la pantalla 55
3.2.5 Capacitancia y Conductancia Mutua 55
3.2.6 Desbalance de Capacitancia 58
3.2.7 Diafonía 60
3.2.8 Atenuación 63
3.2.9 Resistencia de Aislamiento 64
3.2.10 Alto Voltaje 65
3.2.11 Impedancia Característica 65
3.2.12 Penetración de Agua 68
3.2.13 Doblado de Cable 68

CAPITULO 4: CALCULO DE MATERIAS PRIMAS

4.1 Calculo de diámetros 70
4.2 Calculo del conductor del cobre 74
4.3 Calculo del peso del aislamiento 76
4.3 Calculo del peso de relleno 79
4.4 Calculo de la cinta Mylar 80
4.5 Calculo del flooding 81
4.6 Calculo de la cinta de aluminio 82
4.7 Cálculo del mensajero 83
4.8 Calculo del peso de la chaqueta 83
4.9 Calculo para diseño de cables Foam Skin 88

CAPITULO 5 : DISEÑO DE UN LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CABLES TELEFONICOS

5.1 Descripción de las pruebas y los equipos requeridos 90
5.2 Ubicación y características del Laboratorio 102
5.3 Requisitos legales para el funcionamiento del Laboratorio 106
5.4 Presupuesto inicial Aproximado 108
5.5 Análisis económico del servicio que presta el Laboratorio 109

CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones 114
6.2 Recomendaciones 115

BIBLIOGRAFIA 117

ANEXOS A: TABLAS DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTOS Y MATERIAS PRIMAS 118

ANEXOS B: PROCESOS DE PRODUCCION Y ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO 130

ANEXOS C: EQUIPOS DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE CABLES TELEFONICOS 143

RESUMEN

Anteriormente las comunicaciones alámbricas prácticamente solo ofrecían telefonía de voz , actualmente existe transmisión inalámbrica, con capacidades de transmitir voz, datos, e imagen.

A pesar de esto, el par de cobre tendrá vigencia por mucho tiempo más, ya que también han habido avances tecnológicos que permiten una gran cantidad de servicios que garantizan calidad y seguridad, por tal razón es importante conocer las características, de los cables para adaptar estas nuevas aplicaciones.

Para este propósito este proyecto, consta en su primer capítulo de los tipos de cables telefónicos y las características de cada uno de los elementos de su estructura y las normas que los rigen, además de las materias primas empleadas para su fabricación.

Las normas que especifican los requerimientos de las materia primas es básicamente las ASTM, y las normas que rigen la estructuración y fabricación son las normas REA. Que son normas de uso generalizado tanto en EEUU como en otros países de América.

En el segundo capitulo se conocen los procesos de fabricación y la maquinaria, equipos y otros elementos, cuyas características y funciones son detalladas.

Se presenta las pruebas que se realizan tanto en los procesos de producción o fabricación, como al cable terminado. Las pruebas que se realizan son : eléctricas y ambientales.

En el cuarto capítulo se definen las fórmulas y las respectivas consideraciones y explicaciones para la utilización de cada una, de ellas para determinar las dimensiones y consumos de materia primas.

El capítulo quinto se, realiza el análisis de los equipos, instrumentos y otros elementos necesarios para la realización de las pruebas para el control de calidad de cables telefónicos de cualquier clase, que podrá ser implementado como laboratorio de control de calidad en la Escuela Politécnica Nacional. Además se realiza un análisis económico del laboratorio que incluye cotizaciones de equipos, instalaciones y todos los elementos necesarios para el funcionamiento del laboratorio, con lo cual se obtiene el precio del servicio. Como posible cliente se ha tomando en cuenta la adquisición de cables que realiza ANDINATEL, proyectada para el año 2003.

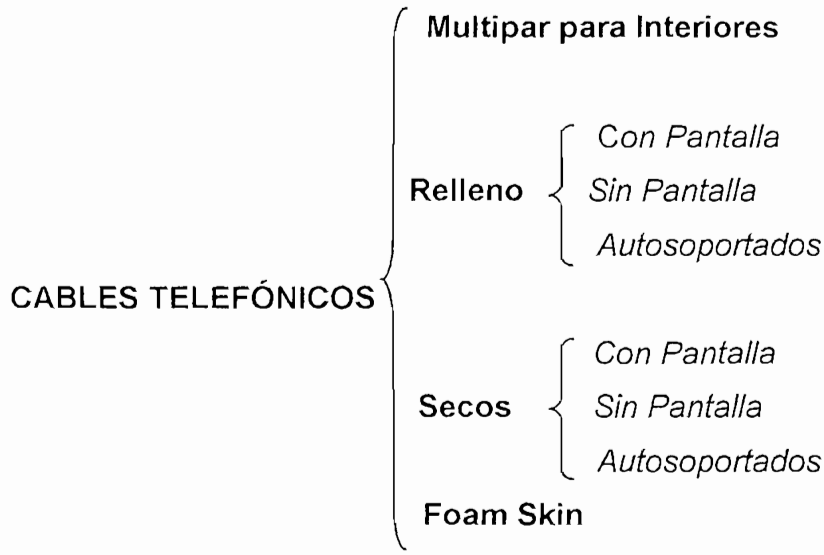
Por último se presentan las conclusiones que se obtienen del proyecto y recomendaciones que servirá para ayudar a las personas que utilicen este como guía.

CAPÍTULO 1.

1. TIPOS Y ESPECIFICACIONES DE CABLES Y MATERIAS PRIMAS.

1.1 TIPOS DE CABLES

Podemos clasificar a los cables como se explica en el siguiente cuadro sinóptico:



La estructura de los cables telefónicos es igual hasta la formación del núcleo, a partir de este, los elementos que formen lo demás del cable depende del tipo, con la ausencia o presencia de los elementos, que conforman el cable. Por ejemplo, si es apantallado constará de la pantalla de aluminio, si no es del tipo apantallado, simplemente no consta de dicha pantalla.

A continuación se indica la construcción y estructura del cable mas completo y analizaremos los otros tipos en comparación con éste.

1.1.1 ESTRUCTURA DEL CABLE TELEFONICO

1.1.1.1 Material Conductor.-

Cada conductor debe ser un alambre sólido redondo de cobre templado comercialmente puro. Los conductores deben cumplir los requerimientos de la especificación B 3-90 de las normas ASTM.

En la siguiente tabla se muestra el número de pares que se utilizan con respecto al calibre.

Tabla Nº 1.1.1 Número de pares con respecto al calibre

AWG	19	22	24	26
Pares	6	6	6	
	12	12	12	
	18	18	18	
	25	25	25	25
		50	50	50
		75	75	75
		100	100	100
		150	150	150
		200	200	200
		300	300	300
		400	400	400
			600	600
				900

Fuente: Norma REA PE 38

A continuación se muestra los calibres y su diámetro nominal:

Tabla Nº 1.1.2 Calibres de conductores

AWG	Diámetro Nominal-mm
19	0.912
22	0.643
24	0.511
26	0.403

Fuente: Norma REA PE- 39

1.1.1.2 Aislamiento.-

Cada conductor debe ser aislado con un aislamiento coloreado, *sólido*, que puede ser Polietileno de Alta densidad (HDPE) o polipropileno (PP).

Todo conductor en toda longitud debe ser aislado con el mismo tipo de material.

No se permitirá mas de una falla en promedio por cada 12000 m de conductor de conductor aislado.

1.1.1.3 Identificación de Pares.-

El aislamiento debe ser coloreado para la identificación de los pares. Los colores usados en los pares dentro de los grupos de 25 pares se muestran en la tabla Nº 1 de los anexos:

1.1.1.4 Trenzado de Pares.-

Los conductores aislados deben ser trenzado(retorcido) en pares. La longitud promedio del paso del torcido, medido en una longitud de 3 m. de cable terminado no debe exceder a 15 cm.

1.1.1.5 Formación del Núcleo del Cable.-

Los pares trenzados deben ser ensamblados de manera tal que formen un *núcleo* cilíndrico sustancialmente.

El grupo básico puede ser dividido en dos o mas subgrupos llamados unidades. Cada grupo y unidad debe estar encerrado con cintas de colores. Para esto se utiliza una cinta Binder no higroscópica y no inflamable, coloreada. Debe ser aplicada con un paso de no mas de 10 cm.

El color básico de la cinta binder debe ser reconocible y discernible de entre los otros colores. Los colores de las cintas y el significado con respecto a la cuenta de pares está indicado en la tabla 2 de los anexos.

Por razones de manufacturación, 2 ó mas grupos de 25 pares, pueden ser limitados con las cintas no higroscópica y no inflamables dentro de "súper unidades".

Las cintas (binders) que cubren los grupos y las cintas(binders) que cubren las "superunidades" deben codificar los colores tal que, la combinación de las 2 binders permitan identificarse de cada grupo de 25 pares en el cable. Los colores que deben tener las súper-unidades se muestra en la tabla 3.

Una posible configuración de arreglo para formación del núcleo se tiene en los anexos Gráfico I.

1.1.1.6 Compuesto de Relleno (Filling Compound).-

Después o durante la operación de torcido y previo a la aplicación de la cinta que recubre el núcleo, un compuesto de relleno homogéneo libre de aglomeraciones debe ser aplicado al núcleo del cable.

El compuesto de relleno debe estar libre de basura, partículas metálicas, etc. Debe ser aplicada en tal manera que llene los espacios libres dentro del núcleo del cable. El compuesto de relleno debe ser no tóxico y no presentar riesgo dérmico y debe cumplir las propiedades dieléctricas a una temperatura de 23 ± 3° C que indica ASTM D 257.

1.1.1.7 Cubierta del Núcleo.-

El núcleo es completamente cubierto con una cinta Mylar de material dieléctrico no-higroscópico y no-inflamable y aplicada con un traslape.

La cubierta del núcleo debe proveer una barrera contra el calor que prevega la visible evidencia de deformación del aislamiento del conductor o adhesión entre conductores, causada por transferencia de calor, durante la operación de enchaquetado.

1.1.1.8 Compuesto Inundante (Flooding Compound).-

Suficiente compuesto inundante debe ser aplicado en todos los interfaces de la envoltura para que los vacíos o espacios de aire en estas áreas sean minimizados.

El compuesto inundante debe ser compatible con el compuesto de relleno.

1.1.1.9 Pantalla

Un apantallamiento debe ser aplicado longitudinalmente sobre la cubierta del núcleo.

La pantalla debe ser traslapada 3 mm mínimo para cables con un núcleo de 15mm o menos y 6 mm mínimo para cables con un diámetro de núcleo mas grande que 15 mm.

Pantalla de Aluminio con cubierta de plástico(0.2030 ± 0.0254mm.)

El material que utilizaremos para el blindaje será una pantalla de aluminio con cubierta de plástico, corrugada o lisa. Donde la cinta de aluminio será una de las siguientes aleaciones: AA-1100-0, AA-1145-0, AA1235-0 y la cubierta de plástico debe estar en conformidad con ASTM B 736, Cubierta Tipo I ,Clase 2.

El espesor de la capa de protección de plástico, en cada lado de la cinta de aluminio debe ser un mínimo de 0.0381mm.

1.1.1.10 Soporte mensajero.-

El soporte mensajero es torcido, y totalmente bañado con un compuesto que puede ser brea, tiene 6 mm de diámetro, formado por 7 alambres de fuerza extra alta, Clase A, acero galvanizado en conformidad con ASTM A 640 con excepciones y provisiones adicionales como las siguientes:

- El máximo paso de los alambres individuales del torcido debe ser 140 mm.

- El soporte torcido debe ser completamente cubierto con un baño protector de la corrosión y debe llenar los intersticios del torcido.

- El compuesto para el baño debe ser homogéneo y uniformemente mezclado. Debe ser no tóxico y no presentar peligro dérmico. Además debe estar libre de basuras, partículas metálicas y otros materiales externos que puedan interferir con el desempeño del cable.

- El compuesto para el baño debe ser compatible con la chaqueta de polietileno.

Cabe indicar que únicamente los cables autosoportados llevan mensajero.

1.1.1.11 Chaqueta.-

El material usado para la chaqueta del cable debe ser polietileno de baja densidad, de color negro colocado por extrusión.

La chaqueta debe ser libre de agujeros, grietas, ampollas u otras imperfecciones y debe ser liso y concéntrico.

Debe proveer al cable una capa protectora dura, flexible, capaz de resistir la exposición solar y temperaturas atmosféricas.

1.1.2 CONSTRUCCIÓN

Los conductores de cobre sólido, son aislados con Polipropileno (PP)/ Polietileno (PE) con relativa adherencia al conductor de manera que no se produzcan desplazamientos al manipular el cable y al mismo tiempo permita un desprendimiento, relativamente fácil para realizar los empalmes.

Los conductores aislados serán trenzados en pares, y estos formarán grupos con pasos de torsión diferentes y no superiores a los 15cm.

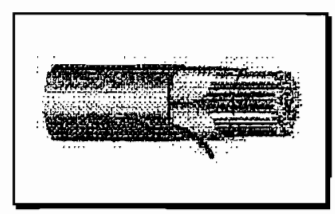
Los conductores aislados cableados en pares, son reunidos en capas concéntricas oscilados con no mas de 25 pares los grupos se amarran e identifican con cinta no higroscópica coloreada, en caso de mas de 25 pares los grupos se amarran e identifican con cintas binders, no higroscópicas coloreadas que se reúnen en capas concéntricas para formar un núcleo que es cubierto por una cinta Mylar.

Por cada unidad de 100 pares se incluirá un par adicional de reserva ;los pares de reserva irán colocando en la capa exterior de las unidades como se indica en el Anexo A Gráfico II . Una vez colocada la cinta Mylar se aplica una cinta de aluminio recubierta con copolímero eléctricamente continua, luego se coloca un mensajero de acero galvanizado para soportar los requerimientos mecánicos, finalmente se aplica la chaqueta de polietileno color negro, o PVC color Gris (únicamente para cable multipar para interiores).

Lleva un compuesto de relleno (Gelatina de Petróleo) incoloro y resistente a la humedad, que cubre a los conductores y llena los intersticios entre los pares y las unidades, y un compuesto inundante que debe ser compatible con el compuesto de relleno.

Un gráfico que muestra la estructura del cable autosoportado se encuentra en los anexos Gráfico III.

1.1.3 CABLE TELEFONICO MULTIPAR PARA INTERIORES (EKKX)



A partir de la estructura anterior se realizará una comparación de los diferentes tipos de cables y consecuentemente se anotarán los elementos que no conste en su estructura.

El cable multipar no lleva en su estructura los siguientes componentes:

Relleno

Compuesto Inundante

Pantalla

Mensajero.

Para la chaqueta, se coloca por extrusión una capa de PVC de color gris correspondiente al tipo ASTM D 1047.

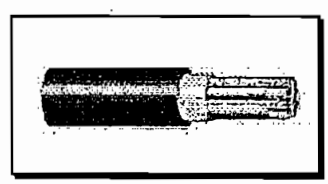
1.1.3.1 Aplicaciones

Cable telefónico interior para interconexión de equipos y tableros en plantas telefónicas.

1.1.3.2 Características Eléctricas a 20 ° C

Debe cumplir las características mostradas en la tabla Nº 5 de los Anexos.

1.1.4 CABLE TELEFÓNICO RELLENO CON GELATINA DE PETRÓLEO CON PANTALLA (ELAL – JF)



Este tipo de cable no esta provisto de Mensajero ya que no es autosoportado.

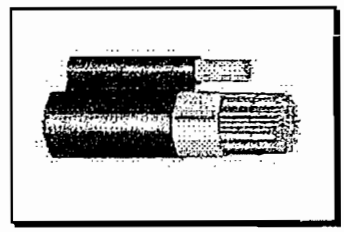
1.1.4.1 Aplicaciones

Cable telefónico exterior para uso en líneas troncales o derivaciones, tendido en ductos subterráneos o con amarras a un cable de acero.

1.1.4.2 Características Eléctricas

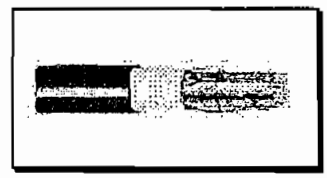
Cumple las características de la tabla Nº 6 de los anexos.

1.1.5 CABLE TELEFÓNICO RELLENO CON GELATINA DE PETRÓLEO AUTOSOPORTADO (ELALC – JF)



Este cable contiene todos los elementos de la estructura de cable telefónico. No es de mucha aplicación en nuestro medio.

1.1.6 CABLE TELEFÓNICO RELLENO CON GELATINA DE PETRÓLEO SIN PANTALLA (ELLY – JF)



Este tipo de cable en su conformación no consta de:

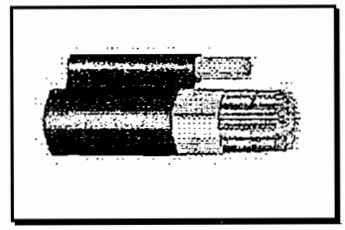
Pantalla

Compuesto inundante

Mensajero

En los procesos de fabricación se omiten los paso correspondientes.

1.1.7 CABLE TELEFÓNICO SECO AUTOSOPORTADO (ELALC)



Este cable no consta de:

Relleno

Compuesto Inundante

Este cable también es de aplicación en nuestro medio por tanto mencionaremos sus características eléctricas.

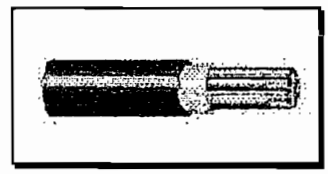
1.1.7.1 Aplicaciones

Cable telefónico exterior autosoportado para uso en distribución de redes aéreas.

1.1.7.2 Características eléctricas a 20 ° C

Debe cumplir las características mostradas en la tabla Nº 7 de los Anexos

1.1.8 CABLE TELEFÓNICO SECO CON PANTALLA (ELAL)



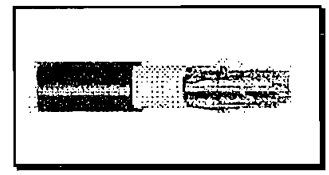
Este cable no esta estructurado con los siguientes elementos en comparación con la estructura general:

Relleno

Compuesto Inundante

Mensajero

1.1.9 CABLE TELEFÓNICO SECO SIN PANTALLA (ELLY)



Este cable no consta de los siguiente elementos:

Pantalla

Relleno

Compuesto Inundante

Mensajero

1.1.10 CABLES TELEFONICOS CON AISLAMIENTO FOAM SKIN

El cable con aislamiento FOAM SKIN, esta compuesto por una capa de aislamiento expandible (Polietileno Expandible) y una piel de aislamiento sólido(Polietileno Sólido). Esta estructura hace que el cable en su conjunto sea más liviano, conservando las mismas características en sus parámetros eléctricos.

En consecuencia, el aislamiento Foam Skin se puede aplicar a cualquiera de los cable antes analizados, sin que estos cambien las características que las normas internacionales exigen, para un óptimo desempeño del cable.

Es decir la estructura del cable es la mismo dependiendo; del tipo y la aplicación, ya que lo único que cambia es el aislamiento.

1.2 MATERIAS PRIMAS

El conjunto de Materias primas que se requiere para la formación del cable y las características que debe cumplir bajo las normas ASTM son:

1.2.1 COBRE PARA EL CONDUCTOR

1.2.1.1 Especificaciones

ASTM B 3-90, ASTM B 5-89

1.2.1.2 Características del cable electrolítico

Es aquel material del cual se obtiene por medio de un proceso trifilación el diámetro requerido para el conductor telefónico y con las características de la norma ASTM B 3.

Composición química.- El cobre en todas las formas debe cumplir el mínimo requerimiento de cobre incluyendo, plata del 99.90 %

Propiedades físicas.-

*Resistividad eléctrica.-*La máxima resistividad de masa para barras, tortas, plancha y billetes por uso eléctrico debe ser 0.15328 Ω*gr/m^2.
La máxima resistividad de masa para otros usos debe ser 0.15694 Ω*gr/m^2.
La máxima resistividad de masa para lingotes y lingotes-barras debe ser 0.15694 Ω*gr/m^2.

1.2.1.3 Características para cable de cobre suave o templado

Fuerza de tensión y elongación.- Requerimientos de Tensión no son especificados. Pero debe cumplir los requerimientos de la tabla 8 de los anexos, para elongación.

Resistividad.-La resistividad eléctrica a 20° C no debe exceder 875.0Ω*lib/$mile^2$.
El cable debe ser libre de imperfecciones.

1.2.2 POLIPROPILENO

1.2.2.1 Especificaciones:

ASTM D 4101

Este material esta diseñado para usar como aislamiento primario para cables telefónicos. Contiene antioxidante que asegura estabilidad térmica durante el proceso y provee excelentes propiedades a largo plazo para el envejecimiento. También contiene un desactivador de metal para prevenir la degradación mientras el cable esta de servicio.

El material crudo debe cumplir las siguientes características:

Tabla Nº 1.2.2.1 Características Material Propileno Crudo

PROPIEDAD	POLIPROPILENO	PRUEBAS
Tasa de fusión de flujo: Máximo, g/10min.	5	ASTM D 1238-79
Carácter quebradizo	2/10	
Fuerza de Tensión Mínimo, MPa	21.0	ASTM D 2633-76
Elongación Fundamental Mínimo %	200	ASTM 2633-76
Resistencia Fuerza de rotura Ambiental Fallas máxima	0/10	
Resistencia Fuerza de Rotura térmica Fallas , máxima	0	
Constante Dieléctrica Máximo	2.3	
Factor de Disipación Máximo	0.0005	
Resistividad de Volumen Mínimo, ohm-cm	$1*10^{15}$	

Fuente: Norma REA PE-38

El material aislante removido de un cable terminado debe cumplir las siguientes propiedades:

Tabla 1.2.2.2 Propiedades del Polipropileno Removido

PROPIEDAD	POLIPROPILENO
Tasa de fusión de flujo: Incremento de porcentaje de material crudo Máximo. < 0,5 (Int. M.I.) 0,5 – 2,00 (Int. M.I.) ≤ 5,0 (Int. M.I.)	 -- -- 110
Fuerza de Tensión Mínimo, kPa	21.000
Elongación Fundamental Mínimo %	300
Doblado al frío Fallas máximo	0/10
Encogimiento Máximo, mm	10

Fuente : Norma REA PE-39

1.2.3 POLIETILENO

1.2.3.1 Especificaciones

ASTM 1248

El Polietileno es compuesto que se utiliza tanto para aislamiento como para enchaquetado, daremos una descripción, para cada uno de los casos.

POLIETILENO PARA AISLAMIENTO

El polietileno utilizado para aislamiento es de alta densidad, tiene un contenido de carbón negro del 2.5%.Y un antioxidante que asegura estabilidad térmica durante el proceso, diseñado para bajo encogimiento después de la extrusión.

El Polietileno de Alta Densidad crudo debe cumplir las características que se muestran a continuación:

Tabla 1.2.3.5 Propiedades del Polietileno para Aislamiento

PROPIEDAD	POLIPROPILENO	PRUEBAS
Tasa de fusión de flujo: Máximo, g/10min.	2.0	ASTM D 1238-79
Carácter quebradizo	2/10	
Fuerza de Tensión Mínimo, MPa	19.3	ASTM D 2633-76
Elongación Fundamental Mínimo %	400	ASTM 2633-76
Resistencia Fuerza de rotura Ambiental Fallas máxima	2/10	
Resistencia Fuerza de Rotura térmica Fallas , máxima	0	
Constante Dieléctrica Máximo	2.4	
Factor de Disipación Máximo	0.0005	
Resistividad de Volumen Mínimo, ohm-cm	$1*10^{15}$	

Fuente: Norma REA- PE 38

El material de aislamiento removido de un cable terminado debe cumplir las siguientes características:

Tabla 1.2.3.2 Características del Polietileno removido

PROPIEDAD	POLIETILENO ALTA DENSIDAD
Tasa de fusión de flujo: Incremento de porcentaje de material crudo Máximo.	
< 0,5 (Int. M.I.)	50
0,5 – 2,00 (Int. M.I.)	25
≤ 5,0 (Int. M.I.)	--
Fuerza de Tensión Mínimo, kPa	16.500
Elongación Fundamental Mínimo %	300
Doblado al frío Fallas máximo	0/10
Encogimiento Máximo, mm	10

Fuente: Norma REA- PE 39

POLIETILENO FOAM / SKIN.-

Esta clase de polietileno esta diseñado para usar como aislamiento de cables telefónicos. Es un compuesto natural, expandible, de alta densidad, contiene un agente químico volátil y con un grado de espumado que depende de los requerimientos de comprador.

También contiene un antioxidante para asegurar la estabilidad durante el procesamiento. Un desactivador metal ha sido agregado para prevenir la degradación del cobre durante el servicio del cable.

El material sólido de la primera capa debe cumplir las características que se mencionaron para materiales de aislamiento tanto polipropileno o polietileno.

El material expandible debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Polietileno crudo debe cumplir los requerimientos que se muestran a continuación:
  - Únicamente color natural sin oxidante u otros aditivos .
  - Debe tener una Densidad Nominal [A] , de >0.940 a 0.960 g/cm^3.

- Polipropileno crudo seleccionado debe cumplir las características siguientes: PP 200 (Ver Anexos Tabla PP) B 40003 (ver Anexos Tabla B) E 11 (Ver Tabla Nº 9 de los Anexos) de la recomendación ASTM D 4101

POLIETILENO PARA CHAQUETAS.-

El compuesto de polietileno de baja densidad presenta excelentes propiedades dieléctricas como alta resistividad a corrientes continua y alterna, alta rigidez dieléctrica, baja constante dieléctrica, bajo factor de potencia, alta resistencia de aislamiento. El comportamiento de este tipo de material a baja temperatura es excelente, presenta gran resistencia a la absorción de agua y a agentes abrasivos.

El material crudo debe cumplir los requerimientos listados en la siguiente tabla, antes de la extrusión:

Tabla 1.2.3.3 Características del Polietileno para Chaquetas

PROPIEDAD	POLIETILENO (BDAPM)
Tipo	I
Clase	C
Tasa flujo de fusión Máximo g/ 10min	2.0
Carácter quebradizo Máximo fallas	2/10
Fuerza de Tensión Mínimo, Mpa (psi)	12.4
Elongación Mínimo, porcentaje.	500
Resistencia a tensión de rotura ambiental. Máximo	0/10
Constante Dieléctrica Máximo	2.80
Factor de Disipación Máximo	0.007

Fuente : Norma REA PE 38

El material para chaqueta removido de un cable terminado debe cumplir las siguientes propiedades:

Tabla 1.2.3.4 Características del Polietileno Removido

PROPIEDAD	POLIPROPILENO
Tasa de fusión de flujo: Incremento de porcentaje de material crudo Máximo. < 0.41(Int. M.I.) 0,41 – 2,00 (Int. M.I.)	50
Fuerza de Tensión Mínimo, MPa	12
Elongación Fundamental Mínimo %	400
Rotura por fuerza ambiental Fallas máximo	2/10
Encogimiento Máximo, mm	5
Impacto Fallas Máximo	2/10

Fuente : Norma REA PE 37

1.2.4 CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

1.2.4.1 Especificaciones

ASTM D 1047

El cloruro de polivinilo es un polímero clorinado mas comúnmente utilizado debido a sus bajos costos de producción, facilidad de aplicación e instalación y las excelentes propiedades mecánicas y resistencia al manejo de fluidos, como su gran resistencia a soluciones químicas agresivas diluidas en agua.

Entre sus propiedades más sobresalientes se destacan las siguientes: rigidez dieléctrica alta, constante dieléctrica baja, factor de potencia bajo, baja absorción del agua, resistencia a la llama, aceites, químicos, rayos solares, envejecimiento, abrasión y deformación.

Este plástico presenta un alto nivel de resistencia a los cambios bruscos de presión, químicamente el PVC es generalmente resistente e inerte a la mayoría de los ácidos minerales, sales e hidrocarburos. Posee una densidad de 1.35 g/cm3.

La chaqueta debe estar de acuerdo con los requerimientos de propiedades físicas prescritas en la tabla siguiente:

Tabla 1.2.4.1 Propiedades físicas para chaquetas de PVC

No expuesto (sin envejecer) Requerimientos:	
Fuerza de tensión, mín.,	1500(10.3) Psi (Mpa)
Elongación de ruptura , mín. ,	100%
Expuesto (envejecido) Requerimientos: Después de prueba de envejecido en el horno aéreo a 100 ± 1° C por 5 días:	
• Fuerza de Tensión ,mín.	80,% del valor del no expuesto (no envejecido)
• Elongación de Ruptura, mín.	60 % del valor del no expuesto (no envejecido)
• Distorsión por calor ,121 ± 1° C, máx.	50 %
• Choque por calor , 121 ± 1° C	sin resquebrajamientos
• Doblamiento por frio –35 ±1° C	sin resquebrajamientos

Fuente ASTM D 1047

Los valores especificados son aplicables únicamente para chaquetas teniendo un espesor tope de 0.030 pulg. (0.76 mm) o mayor.

Tabla 1.2.4.2 Requerimientos para Resistividad y descarga en curvatura en U

Resistencia superficial, mín. MΩ	200000
Descarga curvatura en U de lo requerido para aislamiento de cables bajo la prueba de voltaje AC.	No debe existir fallas o resquebrajamientos en la chaqueta del cable.

1.2.5 MENSAJERO

1.2.5.1 Especificaciones

ASTM A 640

La figura II de los anexos muestra un esquema del cable telefónico autosoportado que consiste en un cable de comunicaciones cubierto con plástico hecho con un soporte integral mensajero trenzado.

El soporte mensajero es trenzado y con una cubierta de zinc. La cuerda de acero galvanizado, usado para soporte, es generalmente cubierto por un baño

(flooding) que contiene un compuesto sellador antes que la envoltura plástica sea aplicada.

Seis alambres deben ser trenzados con un paso y tensión uniforme sobre un alambre central. El trenzado debe ser suficientemente cerrado para garantizar que no reduzca el diámetro cuando sea tensado a 10 % de la fuerza especificada.

Propiedades físicas.- La mínima fuerza de rompimiento, mínima elongación en 24 pulgadas de cuerda y el diámetro nominal de los alambre individuales y los pesos aproximados por 1000 pies(305m) están dados en las tablas a continuación:

Tabla 1.2.5.1.1 Requerimientos Mecánicos del Mensajero

	Diámetro Nominal de la Cuerda	
	3/16 in.(4.76 mm)	¼ in. (6.35 mm)
Diámetro Nominal de cubierta de alambre pulg.(mm)	0.062(1.57)	0.080(2.03)
Mínima fuerza de rompimiento de la cuerda, lb. (Kg.)	3990(1810)	6655(3016)
Mínima elongación de la cuerda en 24 pulg.(610 mm), %	4.0	4.0

Tabla 1.2.5.1.2 Peso del mensajero aproximado por 1000 pies (305 m)

	Diámetro nominal de cuerda	
	3/16 pulg. (4.76 mm)	¼ pulg. (6.35 mm.)
Antes del flooding		
lb.	73	121
Kg.	33	55
Con compuesto flooding		
lb.	75	125
Kg.	34	57

Ductilidad del Acero.- Los alambres individuales de la cuerda completada no debe fracturarse cuando sea envuelta a un ritmo que no exceda

15 veces/min en un espiral cerrada por lo menos 2 veces alrededor a un mandril igual a tres veces el diámetro nominal del cable bajo prueba.

Peso del recubrimiento (cubierta).- El peso de la capa de zinc debe ser no menos que 0.65 oz. /ft^2 (198 g/m^2) de superficie de alambre desnudo en los diámetros de 3/16 pulgada y de ¼ de pulgada de cuerda.

Adherencia de recubrimiento.- Cuando el cable es envuelto la capa de zinc no debe resquebrajarse o descascararse.

1.2.6 COMPUESTO DE RELLENO (FILLING COMPOUND)

1.2.6.1 Especificaciones

ASTM D 4732

Composición Química.- La composición química de estos materiales no es especificada. El material puede ser de alguna composición química apropiada para los propósitos proyectados y debe encontrarse bajo los requerimientos mas adelante proyectados.

Cuando estén de acuerdo entre el productor y el comprador, aditivos estabilizadores antioxidantes pueden ser incluidos en la formulación del compuesto para asegurar resultados especificados en las prueba de estabilidad oxidante.

Propiedades Eléctricas.- Cuando sea probado en acuerdo con ASTM D150 y ASTM D 4872 a una temperatura de 23 ± 3 ° C, el factor de disipación no debe exceder 0.0010 a la frecuencia de 1 MHz y la constante dieléctrica no debe exceder 2.3.

Cuando sea probada, en acuerdo con el método de prueba ASTM D257 a la temperatura de 23 ± 3 ° C, la resistividad de volumen debe ser menor que 10^{13} Ω*cm.

Requerimientos Generales

Todos los compuestos de relleno que se utiliza para el relleno de cables telefónicos deben encontrarse en acuerdo con las siguientes características:

Homogeneidad.- El compuesto debe ser homogéneo y libre de aglomeraciones.

C*olor y Opacidad* .- El compuesto debe ser incoloro.

Material externo .-El material debe ser libre de basuras, partículas metálicas y otras materias externas.

1.2.6.2 Gelatina de Petróleo

También es conocida como: Vaselina de Petróleo , Petrolato, Petrolatum Jelly.
La gelatina de petróleo es una mezcla purificada de naturaleza parafínica, que se obtiene del petróleo. Puede contener antioxidante aprobado para el uso de comida.
La sustancia semi-sólida es blanca amarillenta o ámbar claro. Es transparente en capas delgadas y no tiene más de una fluorescencia leve.

Los usos funcionales que tiene la gelatina de petróleo son : Lubricante, agente de descarga, capa de protección, agente anti-espumando, material de relleno de cables.

La gelatina de petróleo rellena el núcleo del cable y debe cumplir las siguientes características:

Tabla 1.2.6.2.1 Propiedades de la Gelatina de Petróleo

PROPIEDADES	VALOR	RECOMENDACIÓN
Punto de goteo	87-91 gr * C	ASTM D-127
Punto de inflamación	> 232 gr * C	ASTM D-92
Resistividad Volumétrica	> 10^{13} Ω*cm	ASTM D-257
Constante Dieléctrica a 1 MHz	< 2.3	ASTM D-150
Factor de Disipación a 1 MHz	<10^{-3}	ASTM D-150

1.2.7 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL INUNDANTE (FLOODING COMPOUND)

1.2.7.1 Especificaciones

ASTM D 4730

Compatibilidad con otros materiales.- Es responsabilidad del comprador garantizar que el compuesto inundante ordenado sea apropiado para la aplicación proyectada y sea compatible con algún otro componente que este en contacto con el compuesto inundante.

Se debe especificar los materiales con los cuales el compuesto debe ser compatible, cuando sea probado en acuerdo con Método de Prueba ASTM D 4568.

Composición Química.- La composición química de este material no es especificada. El material puede ser de alguna composición química apropiada para el propósito proyectado y dichos requerimientos debe cumplir las especificación como se muestra mas adelante.

Propiedades Físicas.- El compuesto inundante bajo no debe permitir la corrosión de algún alambre o cable metálico, elementos con los cuales este en contacto, y debe servir como barrera a la transmisión de humedad radial y longitudinalmente. El contacto del compuesto inundante con el algún componente del cable no debe causar degradación en el desempeño de los componentes del cable.

El compuesto inundante debe mostrar propiedades adhesivas para proveer adhesión entre envoltura metálica y materiales de chaqueta externa de alambre y cable.

Requerimientos Generales .- Todo compuesto inundante debe estar en conformidad con las siguientes características :

Homogeneidad.- Todo compuesto debe ser homogéneo y uniformemente mezclado.

Material Externo .- El material debe ser libre de basura, partículas metálicas y otras materias externas.

Otras Propiedades: Viscosidad (Método de Prueba D 3236), Punto de llamarada (Método de Prueba ASTM D 92), Penetración de aguja (Método de Prueba ASTM D 1321), Volatilidad (Método de Prueba ASTM D 6), etc.

1.2.8 PANTALLA DE ALUMINIO

La pantalla que recubre al cable o cinta de Aluminio debe cumplir ciertas características como :

La cinta de aluminio será o no corrugada , esto se puede definir cuando el diámetro del núcleo sea medido, y si el resultados es igual o menor que 17 mm la pantalla será lisa. Cuando el valor de dicho diámetro sea mayor que 17 la pantalla será corrugada.

El perfil de corrugación será dispuesto en ángulo recto con respecto al eje longitudinal del cable y será aproximadamente sinusoidal. La reducción del espesor de esta lámina con respecto al valor original, por efecto de corrugación, será igual o menor que el 10 %.
En la pantalla de aluminio deben cumplirse las características de continuidad eléctrica.

CAPITULO 2

PROCESOS DE FABRICACION

La materia prima es sometida a diferentes procesos y equipos que permiten transformarla hasta obtener el producto terminado.

Los procesos son : Trefilación, Recocido, Aislamiento, Pareado, Reunido y Enchaquetado.

En la figura 2.1 se muestra un diagrama de flujo de los procesos de fabricación.

2.1 TREFILACION

El proceso de Trefilación, permite que el alambre disminuya su diámetro, mediante el estiramiento, por el paso forzado a través de los dados de trefilación, sin producir desperdicio.

Decido a que no se presentan desperdicios el volumen de entrada es igual al volumen de salida.

$$Ve = Vs \qquad \text{ec.(2.1.1)}^1$$

$$De^2 * Le = Ds^2 * Ls \qquad \text{ec.(2.1.2)}^1$$

Donde:

Ve = Volumen de entrada

Vs = Volumen de salida

De = Diámetro de entrada

Ds = Diámetro de salida

Le = Longitud de entrada

Ls = Longitud de salida

---

1 Ing. Jiménez Carlos. Tesis EPN. Experiencias en la fabricación de conductores eléctricos hasta 2000 V.

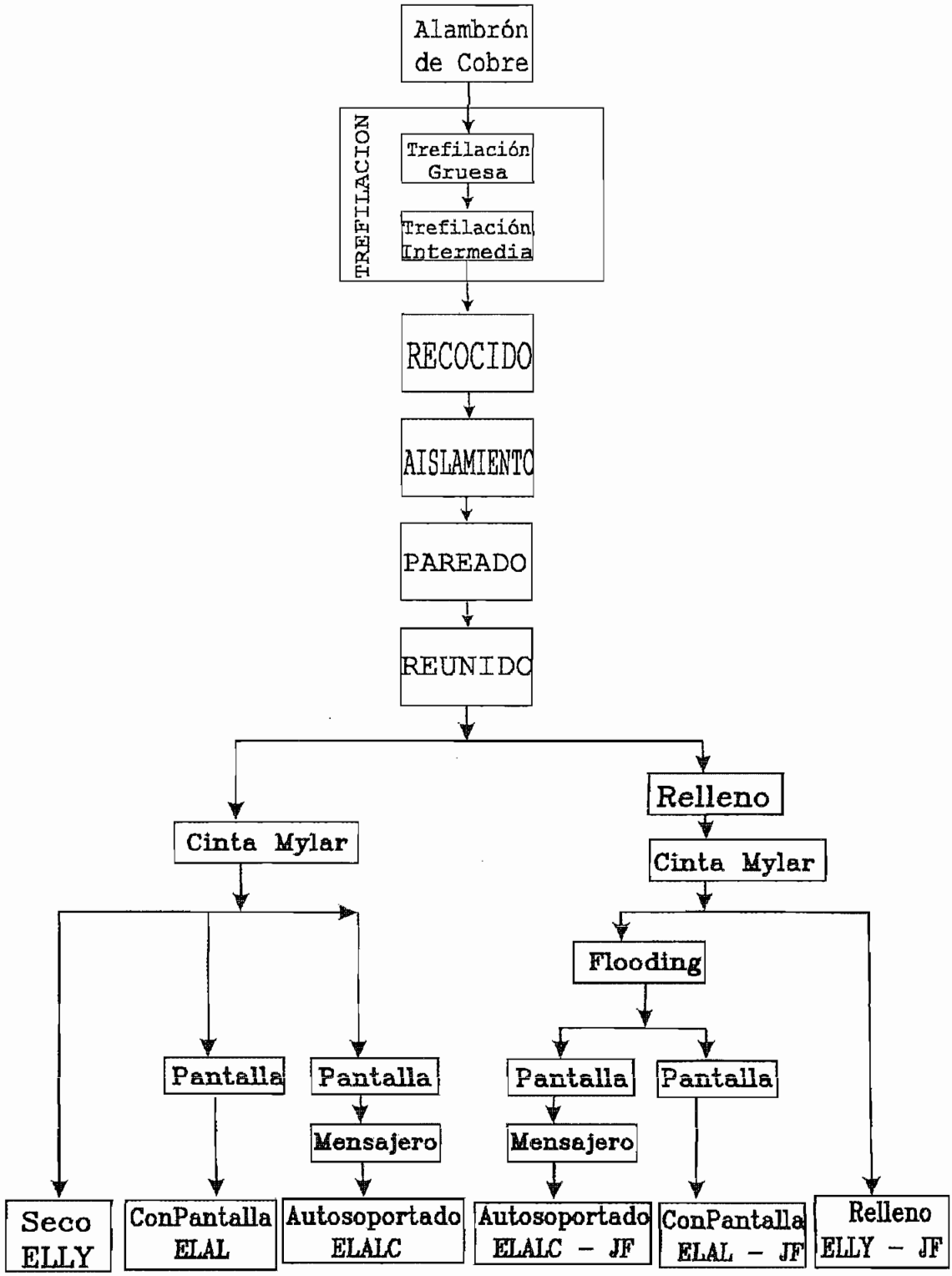


Figura 2.1: Etapas de Fabricación.

Porcentaje de Elongación se produce debido a que el volumen debe conservarse, y por tanto la longitud aumenta como se indica a continuación.

$$E = \left(\frac{Ls - Le}{Le} \right) * 100 \qquad \text{ec.(2.1.3)}^1$$

E: porcentaje de elongación
Le: longitud de entrada
Ls: longitud de salida

El diámetro de salida es menor al diámetro de entrada, es decir el área también se reduce y se obtiene un porcentaje de reducción de área :

$$\nabla A = \left(\frac{De^2 - Ds^2}{De^2} \right) * 100 \qquad \text{ec.(2.1.4)}^1$$

$$\nabla A = \left(\frac{Ae - As}{Ae} \right) * 100 \qquad \text{ec.(2.1.5)}^1$$

Donde:

∇A: Porcentaje de reducción del área.
De: Diámetro de entrada.
Ds: Diámetro de salida.
Ae: Área transversal del alambre de entrada.
As: Área transversal del alambre de salida.

La velocidad de entrada del alambre, es función de la velocidad de salida del alambre y del porcentaje de elongación:

$$\mathcal{V}_s = \mathcal{V}_e [1 + (E/100)] \qquad \text{ec. (2.1.6)}^1$$

1 Ing. Jiménez Carlos. Tesis EPN. Experiencias en la fabricación de conductores eléctricos hasta 2000 V.

$$\mathcal{V}_e = \mathcal{V}_s [\ 1/\ (1+ E/100)\ ] \qquad \text{ec. (2.1.7)}^1$$

Donde:

$\mathcal{V}_e$ = Velocidad de entrada

$\mathcal{V}_s$ = Velocidad de Salida

E = Porcentaje de Elongación

2.1.1 LINEA DE TREFILACIÓN

El proceso de trefilación sigue una línea de producción llamada línea de trefilación que se compone de los siguientes elementos:

Desembobinador
Trefiladora
Torre de Recocido
Embobinador

2.1.1.1 Desembobinador

Este elemento se encarga de alimentar al alambre hasta la trefiladora.

2.1.1.2 Trefiladora:

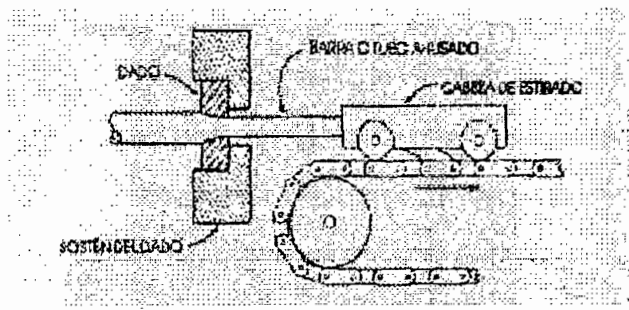


Figura VI. Trefilación.- Banco de Estirado para la reducción en frío de barra o tubo.

1 Ing. Jiménez Carlos. Tesis EPN. Experiencias en la fabricación de conductores eléctricos hasta 2000 V.

La trefiladora es la que realiza en sí la reducción del diámetro del alambre. Antes de obtener el diámetro requerido se debe pasar si es necesario por 1 ó mas pasos de Trefilación, cada uno de los pasos le corresponde un capstan independiente, que pueden estar distribuidos en línea controlados por un mismo eje, o distribuidos cónicamente, donde mas de un capstan están montados en un mismo eje.

Las trefiladoras para cobre, generalmente, vienen diseñadas para una reducción de área del 20% por paso que representa un 26% de elongación. La capacidad de trefilación depende del número de pasos y de la velocidad del último capstan. Esta velocidad y otras consideraciones permiten definir los parámetros de control de proceso como son: estándares de producción, eficiencia, rendimiento, etc.

Dependiendo del rango de diámetros que pueden producir, las trefiladoras se dividen en gruesas, intermedias y finas, las cuales se indican en la tabla 2.1.1.2.1.

Tabla 2.1.1.2.1 Rangos de Trefilación.

TREFILADORA	RANGO DE DIAMETROS	
	MÍNIMO	MÁXIMO
	mm	mm
Gruesa	1.30	4.11
Intermedia	0.40	1.29
Fina	0.36	0.15

Datos de Fabricantes

Trefiladora Gruesa.-

El alambrón de cobre viene con diámetro de 8.00mm.

En este primer paso de trefilación se obtiene alambres de un diámetro de hasta 1.30mm.

En las trefiladoras gruesas los captans son de diámetros iguales y antes de cada capstan se encuentra un portadados, centrado con dicho *capstan*.

Todos los componentes involucrados que son : alambre, portadados, y capstans a excepción del ultimo capstan están siempre lubricados.

Para conocer la velocidad del alambre después de pasar por un dado tenemos la ecuación 2.6.

Y para conocer la velocidad de entrada del alambre tenemos la siguiente ecuación.

$$\mathcal{V}_e = \mathcal{V}_s \,/\{\, (1+ E1/100)^* (^1+ E2/100)^*.....^*(1+ E_n/100) \,\} \qquad (2.1.1.2.1)^1$$

Donde:

$\mathcal{V}_e$ = Velocidad de entrada de alimentación

$\mathcal{V}_s$ = Velocidad de salida del alambre

E1 = % elongación en dado 1

En = % elongación en dado n

La velocidad lineal de la superficie de rozamiento de un capstan se calcula con la ecuación siguiente:

$$\mathcal{V}_c = \pi * D_c * RPM \qquad (2.1.1.2.2)^1$$

Donde :

$\mathcal{V}_c$ = Velocidad lineal del capstan

D_c = Diámetro de la superficie de rozamiento del capstan

RPM = Velocidad angular del eje del capstan.

La variación entre la velocidades del capstan y la velocidad del alambre se denomina deslizamiento o patinaje que se calcula el porcentaje con la siguiente ecuación:

1 Ing. Jiménez Carlos. Tesis EPN. Experiencias en la fabricación de conductores eléctricos hasta 2000 V.

$$S = \left[(\vartheta_c - \vartheta_s) / \vartheta_c \right] * 100 \qquad (2.1.1.2.3))^1$$

Donde :

S = Porcentaje de deslizamiento.

ϑ_s = Velocidad de salida del alambre.

ϑ_c = Velocidad lineal del capstan.

Idealmente el valor de S es 0, quiere decir que la velocidad del capstan y del alambre son iguales.

Trefiladora intermedia y fina

Estas trefiladoras tienen 4 ejes con diferentes velocidades angulares, formando 2 zonas de trefilación, y un capstan a la salida de la trefiladora.

Las ecuaciones anteriores también se aplican a estas trefiladoras, y de acuerdo con el número de pasos de trefilación, en cada uno de los ejes, están montados 3 ó 4 capstans.
De igual manera que la trefiladora gruesa antes de cada capstan se encuentra un portadados, y todos los componentes deben estar siempre lubricados.
Para cables telefónicos únicamente se necesita dos pasos de trefilación, es decir trefilación gruesa y trefilación intermedia.

2.1.1.3 Torre de Recocido:

En la torre de recocido se realiza el proceso de recocido que cambia el conductor duro a suave y maleable.

1 Ing. Jiménez Carlos. Tesis EPN. Experiencias en la fabricación de conductores eléctricos hasta 2000 V.

Antiguamente el recocido era un proceso independiente, donde se coloca cierta cantidad de cobre en un recipiente hueco o pote, y luego sellado herméticamente y al vacío, esto se logra con una bomba de vacío y una válvula conectada a la tapa que absorbe todo el aire que existe en el interior.

Ya el recipiente en el vacío se puede inyectar nitrógeno puro para asegurar que no exista oxígeno, y que el cobre conserve su color.

Luego el pote se introduce en un horno caliente hasta temperaturas entre 400-500 ° C, durante un tiempo, que depende del diámetro del alambre.

Ya que ha cumplido el tiempo en el horno, el pote es extraído y se deja reposar a temperatura ambiente, hasta que el cobre alcance ésta temperatura.

Actualmente el proceso de recocido, forma parte del proceso de trefilación adjuntado un equipo de recocido continuo, esto significa muchas ventajas en comparación con la utilización del horno como son: disminuir tiempos de operación ya que la disponibilidad del alambre suave es inmediata, asegurar la calidad del alambre (uniformidad de recocido y color en toda su longitud) , y ahorrar energía eléctrica.

El proceso de recocido se realiza mediante el calentamiento producido por la energía de inducción de dos placas metálicas, que conforman un transformador.

Al final del proceso de trefilación, antes de entrar a la torre de recocido existe un capstan final, el cual esta calibrado en velocidad con el dancer(polea) que se encuentra a la salida de la torre de recocido, para luego pasar al embobinador.

2.1.1.4 Embobinador:

La responsabilidad de embobinador es recoger el alambre luego de pasar por la trefiladora, la velocidad del embobinador esta en coordinación con la trefiladora.

2.1.2 OTROS ELEMENTOS:

2.1.2.1 Dados de trefilación:

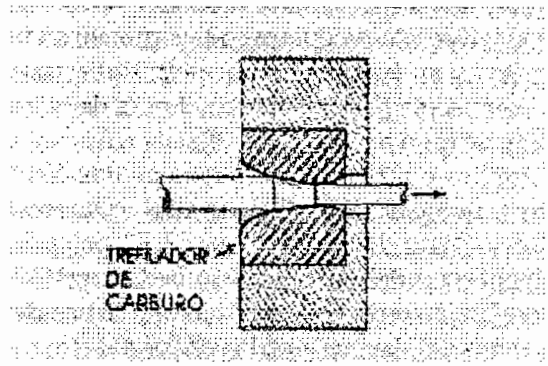


Figura 2.1.2.1.1 Dado de trefilación

La reducción del diámetro se produce en el dado de trefilación el cual es un elemento compuesto por un inserto de material de dureza alta y con un coeficiente de fricción bajo, este inserto es ensamblado en una cubierta de acero común. El dado tiene una geometría especial que depende los ángulos de entrada, aproximación reducción y salida y la longitud del cilindro, que permiten que su operación y rendimiento sean óptimos.

Para la trefilación de Cobre se utilizan en el inserto materiales como son: carburo de tungsteno, diamante natural o diamante sintético(compax), cada uno de éstos con propiedades específicas. Debido a sus características de durabilidad se utilizan diamante natural ó diamante sintético, que compensa sus altos costos.

2.1.2.2 Lubricante de trefilación.-

A consecuencia del paso forzado, del alambre por los capstans y los dados se produce desgaste y calentamiento de los mismos y de los elementos en

contacto con éstos. Para ayudar el proceso, se mantienen siempre bañados por un lubricante los capstan, alambre, dados, etc.

En la trefilación esta solución tiene la función de reducir el coeficiente de fricción del alambre, dados y capstans, remover calor y partículas sólidas de cobre que se generan en el cilindro del dado.

Esta solución lubricadora se obtiene mezclando un aceite soluble con agua, en porcentajes de concentración de 8 – 10% para trefilación gruesa, 5 – 7 % para trefilación intermedia y 3 – 5% para trefilación fina.

Se debe realizar pruebas al lubricante como: pH, porcentaje de contenido de sólidos, temperatura de operación, porcentaje de concentración, entre otras, para conseguir excelentes condiciones, y de esta manera cumplir las funciones antes mencionadas.

Cada trefiladora viene con su correspondiente tanque que contiene lubricante. Pero por razones de mantenimiento y conservación de sus características, se la almacena en otro, construido especialmente para este fin con su propio diseño y equipado con bombas de succión separadas y controlados individualmente. La relación entre el volumen de lubricante y la potencia del motor es de 10 galones por cada HP.

2.1.2.3 Capstans.-

Deben ser fabricados con materiales resistentes a la abrasión debido, a las fuerzas que soportan su banda de rozamiento, y su coeficiente de fricción bajo, por lo que normalmente son fabricados con anillos de cerámica.

2.1.1.4 Control en proceso.-

Se debe realizar un control permanente durante el proceso de trefilación para verificar que los diámetros, y la elongación cumplan las tolerancias permitidas, que se indican en el capítulo 1.

2.2 AISLAMIENTO

Actualmente se unen los procesos de trefilación y aislamiento , es decir a la salida de la trefiladora se alimenta el equipo se aislamiento, debido a que la trefilación se realiza a altas velocidades se ahorra tiempo y energía, y por tanto costos. A este procedimiento se llama "Línea Tandem".

El aislamiento el proceso en el cual se aplica continuamente material dieléctrico sobre el cobre, los materiales que se utilizan son : Polipropileno , Polietileno de baja densidad, y en el aislamiento foam skin es la aplicación de una capa de polietileno expandible y sobre esta una capa de polietileno sólido.

Se aplica el material aislante, fundiendo dicho material y alimentando continuamente a un molde por el cual pasa el conductor, y se obtiene el conductor aislado, a este proceso se llama extrusión.

2.2.1 LÍNEA DE AISLAMIENTO

La línea de aislamiento esta compuesta por :

- Desembobinador
- Precalentador
- Extrusora
- Controlador de Diámetro
- Tina de enfriamiento
- Capstans
- Control de Capacitancia
- Embobinador

2.2.1.1 Desembobinador.-

Este equipo alimenta continuamente a la extrusora, y dependiendo de los procesos anteriores el Desembobinador será de características especiales.

Normalmente el alambre que va ha ser aislado, viene en carretos y por tanto se utilizan portacarretos equipados con frenos mecánicos que mantiene una tensión conveniente durante el proceso y detiene la alimentación cuando la línea se para. Y si es necesario se utilizan frenos electromecánicos

Para el aislamiento de conductores telefónicos se utilizan desembobinadores especiales ya que requieren de altas velocidades de alimentación, y continuidad indispensable. Estos funcionan con el carreto fijo en un eje hueco, dentro del cual gira un eje. La velocidad del eje está dada por un motor eléctrico con velocidad variable conectado al extremo posterior y que en el anterior gira un volante. La velocidad del volante controla la velocidad de salida del alambre.

2.2.1.2 Precalentamiento

En este paso el conductor desnudo es calentado antes de la aplicación del aislante, para obtener una mejor adhesión del aislamiento. El conductor debe salir del precalentador a una temperatura de aproximadamente 100 ° C .
El precalentador induce una corriente en el conductor que corre por sus dos poleas, produciendo elevación de la temperatura.

2.2.1.2 Extrusora.-

En este paso el material dieléctrico es aplicado con presión sobre el alambre de cobre , donde el material es alimentado a una tolva cónica que deja caer el material a un cilindro hueco (barril) dentro del cual gira un tornillo sin fin que hace fluir el material hacia delante del cilindro. Además de la fricción, el barril es calentado para lograr que se funda el material.

A través de un cabezal transversal atraviesa el cobre desnudo, donde el material fundido fluye, éste cubre el conductor y toma la forma del molde por el que sale.

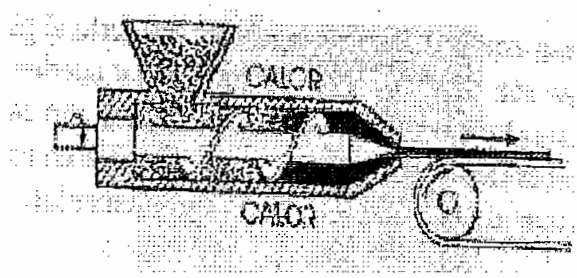


Figura 2.2.1.2.1 Extrusora

Por lo tanto una extrusora está conformada por los siguientes elementos: barril, tornillo, cabezal, etc. los cuales analizaremos a continuación:

2.2.1.2.1 Barril.-

Es un cilindro hueco construido de material resistente a la corrosión, gases, químicos, fricción y calentamiento. Se recomienda para su fabricación las aleaciones de hierro con níquel y molibdeno, con una dureza de 69° Rockwell en la escala C.

El barril, debe ser calentado y dependiendo de su longitud, se divide en varias zonas de calentamiento cada una de éstas consta de resistencias eléctricas que realizan la función de calentamiento, un ventilador y un pirómetro. El pirómetro, permite el control de la temperatura, comparando la temperatura detectada por su termocupla con su set point, ordenando la conexión o no de las resistencias o del ventilador.

El barril termina a la salida en un disco con pasadores de presión y tornillos con tuercas de bronce, que sirven para sujetar el cabezal.

2.2.1.2.2 Tornillo.-

El tornillo permite transportar el material aislante desde la zona de alimentación hasta la salida del barril. El tornillo es fabricado con acero duro resistente a la corrosión y recubierto con una capa de aleación de cobalto, cromo y tungsteno

a excepción de la superficie helicoidal de la espira que puede estar en contacto con el barril.

El tornillo se constituye por tres zonas que son: de alimentación, compresión o transición y presión o medición. El núcleo del tornillo es cónico comienza con un diámetro menor y espiras más profundas hasta concluir casi sin espiras. La zona de alimentación tiene las espiras mas profundas y se encarga de transportar el material al próxima zona En la siguiente zona el material es fundido y comprimido ya que sus espiras son de menor profundidad. La última zona de medición o presión, es la de mayor longitud, y tiene espiras de menor profundidad que permite que el material alcance mayor uniformidad tanto en mezcla como en velocidad de salida y su presión obligue al material a salir por el cabezal de extrusión. Los tornillos son diseñados dependiendo del material aislante.

La tolerancia entre el diámetro interior del barril y el diámetro del tornillo no debe ser mayor a 0.005 pulgadas por lado, para que la extrusora trabaje eficientemente. Esta tolerancia puede aumentar a valores mayores a 0.015 pulgadas, debido al uso de la extrusora, cuando ocurre esto se debe reparar o cambiar el tornillo. Para detectar este desgaste se debe realizar mediciones continuamente cada determinado tiempo, cuando existan mediciones mayores al la tolerancia indicada , la capacidad de salida de la extrusora varía y varía su funcionamiento

A la salida del barril existe un conjunto de mallas, adjunto con un disco perforado (filtro). Estas mallas sirven para detener partículas que pueden dañar los herramentales, o el producto extruído. El filtro sirve para sujetar las mallas

Un motor de velocidad variable en conjunto con una caja de transmisión, tiene la función de controlar la velocidad del tornillo.

2.2.1.2.3 Cabezal de extrusión.-

A través del cabezal de extrusión, es empujado el material que se obtiene del tornillo hasta el conductor desnudo.

El cabezal obliga al material a fluir el conductor. El cabezal es un cilindro hueco construido con un material antioxidante resistente al calor y a la presión. El cabezal esta sujeto al barril por medio de un disco, y esta conformado por: calentadores eléctricos, torpedo, distribuidor, guía, portadado, dado y pieza de sujeción y centrado del dado.

Los calentadores eléctricos son resistencias tipo banda cuya función es mantener el cabezal y sus partes a temperaturas fijas. El torpedo es un cilindro hueco que sujeta la guía y permite pasar el alambre desde su parte posterior. El distribuidor ayuda a mantener un flujo uniforme de material y evitar presiones diferentes alrededor del conductor. El dado o matriz exterior es el molde que define la forma y dimensiones que va a tener exteriormente el conductor aislado, y por último la pieza de sujeción que permite centrar el portadado y dado con respecto al conductor.

2.2.1.2.4 Herramental de extrusión.-

El herramental de extrusión define la aplicación del aislante sobre el conductor desnudo, sobre otro aislamiento (foam skin) o sobre un núcleo (chaqueta).El herramental consta de :

Guía de extrusión.-

Es una pieza de material duro con una superficie resistente a la abrasión, corrosión, al calor y de bajo coeficiente de fricción por la l cual corre el conductor que va ha ser aislado.

Dado de extrusión.-

Es el que da la forma y dimensión al material dieléctrico que sale de la extrusora y se aplica sobre el conductor.

Existe 2 tipos de aplicaciones de aislante que se explica a continuación:

La aplicación a **presión**, como se muestra en la figura 8 de los Anexos B, se utiliza cuando la característica de adhesión es importante, donde el aislamiento va sobre el conductor o sobre otro aislante de mayor temperatura de fusión (aislamiento foam skin) , de esta manera se crea una protección contra la humedad ya que el aislamiento adquiere la forma del conductor o cable interior.

La aplicación **tubular**, Como se indica en la figura 9 de los Anexos B, el conductor o núcleo a ser forrado, atraviesa un tubo hasta fuera del dado y recién allí el aislante se aplica al conductor o núcleo , cuando ya se ha formado la capa. Este tipo de aplicación se utiliza especialmente para chaquetas de cable telefónicos.

2.2.1.3 Control de Diámetro.-

El control de diámetro se realiza mediante un medidor de diámetro , que ordena al extrusora que aumente o disminuya la velocidad angular del tornillo, para aumentar o disminuir el espesor del aislante, cada vez que detecte una variación del diámetro.

Este control se puede hacer mediante un emisor y un receptor láser y un monitor, Entre el emisor y el receptor corre el conductor aislando y de esta manera el receptor obtendrá la luz que envía el emisor menos el área del conductor aislado. Mediante cálculos se cambia a valores que se comparan con el monitor el cual indica el valor requerido de diámetro .

De esta manera se garantiza que el producto que se obtiene de la extrusora cumpla con los requerimientos de diámetro.

2.2.1.4 Tina de enfriamiento.-

Ya que ha salido de la extrusora el conductor pasa por una tina de enfriamiento con agua la cual debe cursar a la misma dirección del conductor aislado ya que

va a altas velocidades. Se debe lograr que el cable alcance temperatura ambiente.

2.2.1.5 Capstan.-

El Capstan o halador es el que define el movimiento y la velocidad del conductor aislado. El Capstan de doble polea, es el que se utiliza para cables telefónicos.

Este tipo de capstan se utiliza para cables telefónicos ya que sirven para calibres pequeños y corren a altas velocidades, el cual consiste en de dos poleas ranuradas de las cuales una es controlada por un motor con velocidad variable y la otra es de movimiento libre.

2.2.1.6 Control de Capacitancia

Este control tiene el objeto de verificar continuamente si el conductor esta centrado, con el aislante, Para esto en un espacio vacío dentro de la caja protectora del capstan se encuentra un equipo que mide en varios puntos del conductor la Capacitancia realiza un promedio y este valor compara con un valor seteado si el valor obtenido no es el requerido, se realiza las correcciones pertinentes en la extrusora.

2.2.1.7 Embobinador.-

El embobinador o Recogedor es el equipo que recoge en carretos el conductor aislado que produce el capstan con velocidad y tensión uniforme.

Para cables telefónicos se utiliza recogedores dobles ya que el conductor aislado es de calibres pequeños alta velocidad y la continuidad es muy importante. El control es realizado mediante un motor de corriente continua y embragues magnéticos.

La coordinación de velocidad del recogedor con la velocidad del capstan se realiza mediante un acumulador o Dancer que controla la velocidad del carrete.

A través de una cambio automático del recogedor cuando ha alcanzado una longitud fijada se consigue continuidad.

2.2.2 AISLAMIENTO FOAM SKIN

Este aislamiento consiste en la aplicación de una capa de aislante sólido (PE HD) y sobre esta una capa de asilamiento expandible(PE expandible) , y esto se realiza mediante la co-extrusión.
La co-extrusión realiza el aislamiento foam skin a través de un herramental con doble alimentación.

2.3 PAREADO

Se realiza mediante la utilización de equipos llamados pareadoras que funcionan de la siguiente manera:
Dos desembobinadores alimentan a la pareadora con dos conductores aislados y coloreados de acuerdo con el código de colores mencionados en el capítulo 1.
Los pasos de torsión están entre 42mm a 150mm. El paso se consigue variando la velocidad de giro y la velocidad lineal, y esto a la vez se hace por cambio de piñones o eléctricamente.

2.4 REUNIDO

En este proceso se realiza la formación del núcleo, con las respectivas cintas de identificación y con los arreglos que se recomiendan.

Los pares trenzados se colocan en un Desembobinador múltiple, que alimentan a un equipo con varios agujeros(entradas) por donde ingresan los pares para formar los grupos, y allí mismo se aplica la cinta binder coloreada.

De allí salen los grupos formados y pasan a un trenzador que forma el núcleo cubriendo al final con una cinta binder para sujetar.

2.5 CHAQUETA

La línea de enchaquetado encierra varios subprocesos que son:

- Aplicación de gelatina de Petróleo(Filling Compound).
- Aplicación de la Cinta Mylar y Cinta de Amarre.
- Aplicación de (Gelatina de Petróleo)Flooding Compound.
- Aplicación de la Cinta de Aluminio.
- Aplicación del Mensajero.
- Aplicación de la Chaqueta.

Todos los subprocesos que se mencionaron, depende del tipo de cable que se fabrique, se puede omitir cualquiera de los pasos.

2.5.1 APLICACIÓN DE GELATINA DE PETRÓLEO(FILLING OMPOUND).

El núcleo esta en un carreto, el cual por medio de un desembobinador alimenta al equipo para el proceso de relleno.

En un tanque grande de acero se encuentra cierto volumen de Gelatina de Petróleo, y calientan este relleno unas resistencias colocadas al fondo de este tanque.

En el mismo tanque pero a cierta altura, sobre unos soportes esta apoyado un tubo ubicado horizontalmente y que pasa por todo el tanque, por donde atraviesa el núcleo.

Este tubo esta conformado por unos dados ubicados en distintas partes a lo largo de todo el tubo que son de diámetro un poco mas grande que el espesor del núcleo.

Este tubo tiene en toda su longitud unos agujeros, por donde ingresa el relleno, que se obtiene mediante una bomba de succión, la que sube el relleno, a una tina de reserva que se encuentra a una altura superior al tanque y de allí envía el relleno al tubo para que ingrese a presión al tubo y por tanto al núcleo..

A consecuencia de los dados, el relleno tiene que ingresar a presión por todos los intersticios del núcleo y de esta manera evitar la inmersión de agua.

Al final del tubo existe un dado con un diámetro equivalente al diámetro del núcleo mas relleno para compactar al núcleo.

2.5.2 APLICACIÓN DE CINTA MYLAR

A continuación del tubo de relleno, en el mismo soporte se encuentra un dispositivo llamado flauta, que consiste en una placa de metal en forma de cono donde se halla la cinta y a medida que pasa en núcleo con relleno se va aplicando la cinta.

2.5.3 APLICACIÓN DE BINDER

Enseguida de la aplicación de la cinta Mylar se encuentra un aplicador de cinta binder el cual se aplica con el objeto de sujetar el núcleo.

La aplicación de la binder es con doble cinta es decir una cinta se aplica helicoidalmente en un sentido, y otra cinta en el otro sentido.

2.5.4 APLICACIÓN DE GELATINA DE PETROLEO(FLOODING COMPOUND)

Es flooding se aplica al núcleo por goteo, un poco antes de la pantalla de aluminio, de manera que el flooding llene el espacio entre el núcleo y la pantalla.

2.5.5 APLICACIÓN DE LA PANTALLA DE ALUMINIO

Se aplica de igual manera que la cinta Mylar por medio de una flauta, y con un traslape.

El núcleo con pantalla al salir de la flauta, pasa por unos dados pueden ser 2 ó 3, los cuales cada uno van disminuyendo el diámetro en pasos pequeños, para lograr que se compacte la pantalla y el flooding con el núcleo.

2.5.6 APLICACIÓN DEL MENSAJERO

En este paso se junta el mensajero con el núcleo .

En un carreto se encuentra el mensajero y por medio de una polea se va juntando al núcleo, para de allí pasar a la aplicación de la chaqueta.

2.5.7 APLICACIÓN DE LA CHAQUETA

El proceso de enchaquetado es igual que el aislamiento, únicamente varía los calibres de los componentes, que se utilizan para este procedimiento.

A continuación se muestra los espesores de la chaqueta luego de pasar por el enchaquetado y las tolerancias aceptadas.

Espesor Nominal Chaqueta: El espesor nominal debe ser como especifica en la tabla 2.5.7.1 :
Medida muestra final.-La chaqueta debe mostrar los siguientes requerimientos:

	Porcentaje de espesor nominal %
Espesor Promedio mínimo	90
Espesor puntual mínimo	70

Las dimensiones del tejido deben ser como las siguientes:
Altura : 3.05 ± 0.508 mm
Ancho : 2.54 ± 0.635 mm

En la tablas 1,2,3,4,5,6 del anexo B se encuentran, las características físicas que deben cumplir los cables.

Tabla 2.5.7.1: Espesor de la Chaqueta

Tamaño Conductor AWG			Espesor nominal Chaqueta mm.	
19	22	24	Núcleo	Soporte mensajero
6 12 18	6 12 18 25	6 12 18 25 50	1.3	1.3
25	50 75	 75 100	1.5	1.3
	100 150 200 300	 150 200 300	1.8	1.3

CAPITULO 3

PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

3.1 PRUEBAS DURANTE FABRICACIÓN

Las pruebas que se realizan durante su fabricación son:

1. Pruebas en el conductor.
2. Espesor de aislamiento y chaqueta

Durante la fabricación se realizan pruebas de control para garantizar que el producto, que se esta fabricando esta cumpliendo con las características que exigen las normas.

3.1.1 PRUEBAS EN EL CONDUCTOR

Durante el proceso de fabricación se realiza pruebas de elongación y tensión del conductor, de manera que cumplan las recomendaciones de la especificación B - 3 de la norma ASTM.

3.1.2 ESPESOR DE AISLAMIENTO Y CHAQUETA

Para medir el espesor de aislamiento, y de chaqueta se sigue el proceso de la especificación ASTM D 2633.

También pueden ser utilizados métodos ópticos.

3.2 PRUEBAS PARA CABLES TERMINADOS

Las pruebas a las cuales deben someterse los cables terminados son:

1. Continuidad del conductor
2. Continuidad de la pantalla

3. Resistencia de Conductor
   3.1. Desbalance de Resistencia
4. Resistencia de la pantalla
5. Capacitancia y Conductancia Mutua
   5.1. Diferencia de capacitancia
6. Desbalance de Capacitancia
   6.1. Par a Par
   6.2. Par a tierra
   6.3. Par a soporte
7. Diafonía
   7.1. NEXT
   7.2. FEXT
8. Atenuación
9. Resistencia de Aislamiento
10. Alto Voltaje
11. Característica de impedancia.
12. Penetración de Agua
13. Doblado de Cable

3.2.1 CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR

La continuidad del conductor es una característica crítica, de los cables telefónicos.
La continuidad del conductor debe ser probada usando un potencial menor o igual a 100 V .

3.2.2 CONTINUIDAD DE LA PANTALLA

La pantalla es un elemento importante dentro del cable ya que, disipa a tierra todas las corriente de carácter electromagnético, que se inducen en los pares, por tanto se debe verificar la continuidad de la misma.

Al igual que, para probar la continuidad del conductor se aplica un voltaje de 100 V o menor.

3.2.3 RESISTENCIA DEL CONDUCTOR

La resistencia óhmica es la propiedad que tiene los cuerpos de oponerse al flujo de la corriente eléctrica.

La resistencia del conductor depende, del material del cual esta fabricado, la distancia del conductor, y de la superficie del conductor.

$$R_0 = (\rho * L)/S \quad \text{ec.(3.2.3.1)}^7$$

Donde:

R_0= Resistencia del conductor [Ω].

ρ = Resistividad.[Ω.mm^2 / m].

L = Longitud del conductor [m].

S = Área de la sección transversal del conductor [mm^2].

Un factor importante , que se debe considerar en el valor de la resistencia es la temperatura. Los valores medidos a temperaturas diferentes a la temperatura patrón de 20 ° C se debe realizar la corrección con la siguiente expresión.

$$R_0 = R_m / [1 + i(T\text{-}20\ ^\circ)] \quad \text{ec. (3.2.3.2)}^7$$

Donde:

R_0 = Resistencia a 20 ° C.[Ω].

R_m = Resistencia medida a temperatura ambiente[Ω].

T = Temperatura del medio ambiente[° C].

i = Coeficiente de variación de la temperatura[0.00391].

El parámetro de resistencia es muy útil para emitir valores del servicio de control de calidad de los cables, con respecto a la distancia, sin tener que medir directamente al cable.

---

7 CANDIA, Miguel. Planta externa, Cables Simétricos y coaxiales para Telecomunicaciones. Chile. 1999.

La resistencia d-c de cualquier conductor, medida en el cable terminado, no debe exceder los siguientes valores, cuando sea medido o corregido a 20 ± 1° C (tabla 3.2.3.1).

Tabla N° 3.2.3.1 Valores de Resistencia de Conductor

	Resistencia Máxima	
AWG	Ω/km	Ω/1000pies
19	28.5	8.7
22	57.1	17.4
24	90.2	27.5
26	144.4	44.0

Fuente: Norma REA PE-39 1981

3.2.3.1 Desbalance de Resistencia del Conductor

El desbalance de resistencia es la diferencia de resistencia entre los dos conductores de un par, y entre todos los pares que conforman un cables.

La diferencia en resistencia DC entre los dos conductores de un par en el cable terminado no debe exceder los siguientes valores:

Tabla N° 3.2.3.2 Desbalance de Resistencia- Máxima para cualquier Carreto

Calibre	Porcentaje Promedio	Porcentaje del par Individual
19 y 22	1.5	4.0
24	1.5	5.0
26	2.0	5.0

Fuente: Norma REA PE-39 1981

Donde:

% Desbalance de Resistencia = { (Máx. Res.– Mín. Res.)/Res. Mín. } *100 e.c.(3.2.3.1.1) [5]

El desbalance de resistencia es verificado mediante muestreo.

5 Norma ASTM 4566-98, Standard Test Methods for Electrical Properties of Insulation and Jackets for Telecommunications Wire and Cable.

3.2.4 RESISTENCIA DE LA PANTALLA

La resistencia de la pantalla, se mide bajo corriente directa, y a 20° C, y no será mayor que los valores resultantes de la siguiente expresión :

$$R = 62.50 / D \quad \text{ec.(3.2.4.1)}^{6}$$

Donde :

D = Diámetro externo nominal de la pantalla [mm].
R = Resistencia máxima [Ω / km].

3.2.5 CAPACITANCIA Y CONDUCTANCIA MUTUA

La configuración de los pares telefónicos, hacen que se comporten como condensadores, los cuales almacenan una cierta cantidad de energía, la cual aumenta con la distancia.

La Capacitancia mutua es la Capacitancia efectiva entre los conductores de un par.

En una cable multipar la Capacitancia mutua esta definida como:

$$C_M = C_{AB}+(C_{AG})(C_{BG})/(C_{AG}+C_{BG}) \quad (3.2.5.1)\ ^{2}$$

Donde:

C_{AB}, C_{AG} y C_{BG} están ilustrados en figura 3.2.5.1.

---

5 Norma ASTM 4566-98, Standard Test Methods for Electrical Properties of Insulation and Jackets for Telecommunications Wire and Cable.
6 Norma Técnica Provisional ANDINATEL, Cables Telefónicos Multipares de Planta Externa.

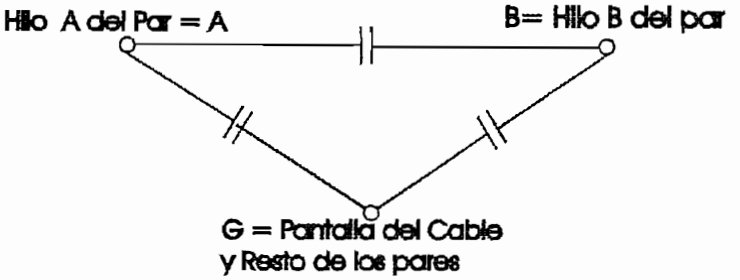


Figura 3.2.5 1: Relaciones de Capacitancia Mutua

La Capacitancia Mutua promedio de todos los pares, de un cable en algún carreto, no debe exceder los valores que se indican en la tabla 3.2.5.1, medidos a una frecuencia de 1± 0.1 KHz a una temperatura de 23 ± 3° C.

Tabla Nº 3.2.5.1 Capacitancia Mutua

	Capacitancia Mutua	
Número de Pares del Cable	nF/Km	nF/milla
6 y 12	52 ± 4	83 ± 7
mas de 12	52 ± 2	83 ± 4

Fuente: Norma REA PE-39, 1981

La Capacitancia puede ser medida en pares individuales, o el promedio cuando se realiza en grupos.

Cuando se mide Capacitancia mutua en grupos de mas de 25 pares, ser realiza una medida promedio por grupo en lugar de las medidas individuales de pares. La desviación de la Capacitancia mutua no debe exceder el 3% de la Capacitancia promedio en una bobina conteniendo mas de 6 pares.

El parámetro de conductancia, indica la corriente que se pierde transversalmente a través de la superficie de contacto entre los pares y el aislamiento, por tanto este efecto depende del aislamiento y la frecuencia.

La conductancia es un parámetro primario de transmisión, la conductancia mutua es la de menor influencia, el valor de conductancia en un par individual

puede variar de 10 a 15 % de valor de la portadora de frecuencia, afortunadamente el efecto de la conductancia en los parámetros secundarios es despreciables a la frecuencia de voz, y contribuye en menos del 1 % a los parámetros a la frecuencia de 1 Mhz.

Por las razones mencionadas no es frecuente realizar pruebas de conductancia (siemens).
La conductancia mutua en un par no debe exceder 2μS/Km cuando sea probado a una frecuencia de 1± 0.1 KHz y a una temperatura de 23 ± 3° C.

3.2.5.1 Diferencia de Capacitancia (Solo para cables rellenos)

Esta prueba es una indicación de si el cable esta adecuadamente relleno con gelatina de petróleo.

Todo carreto de cable multipar, debe tener una diferencia de Capacitancia indicada en la siguiente tabla 3.4 cuando sea probada a una frecuencia de 1± 0.1 KHz y a una temperatura de 23 ± 3° C.

Tabla N° 3.2.5.1.1 Porcentaje de Diferencia

	Calibre (%)			
Pares	**19**	**22**	**24**	**26**
100 ó menos	3.8	3.8	3.8	3.8
150	3.9	3.9	3.8	3.8
200	4.0	3.9	3.9	3.9
300	4.3	4.1	4.0	3.9
400	4.7	4.3	4.3	3.9
600	5.5	4.5	4.3	4.1
900		5.1	5.0	4.4
1200		5.1	5.1	4.5
1500			5.3	5.0
1800				5.3
2100				5.6
2400				5.9
2700				6.3
3000				6.5
3300				6.7

Fuente: Norma REA PE-39 1981

El porcentaje de diferencia es la Capacitancia mutua de los pares mas internos (x) y de los pares mas externos (y) debe ser menor que o igual a los valores en la tabla Nº 3.2.5.1.1, calculando con la siguiente fórmula:

Porcentaje de Diferencia: $\{(y - x) / y\}*100\ \%$ ec.(3.2.5.1.1)[2]

El par seleccionado tiene que ser al azar.

3.2.6 DESBALANCE DE CAPACITANCIA

3.2.6.1 Par a par .-

El Desbalance de Capacitancia como medida en el cable terminado no debe exceder los valores de la tabla 3.5, cuando sea probado a una frecuencia de 1 ± 0.1KHz, a una temperatura de 23º ± 3º C.

TABLA Nº 3.2.6.1.1 Desbalance de Capacitancia Par a Par

	pF/Km (pF/1000pies)	pF/Km (pF/1000pies)
Numero de Pares del Cable	Máximo Individual	rms*
6 12 ó mas	180(100) ---	--- 45.3(25)

Fuente: Norma REA PE-39 1981

*rms = Raíz Cuadrática Media

En cables con 25 pares o menos, y cada grupo de cables multigrupo de Desbalance debe ser considerado los siguiente:

- Entre pares adyacentes en una capa; y
- Entre pares en centros de 4 pares o menos ; y
- Entre pares en capas adyacentes, cuando el número de pares en la capa interior es 6 o menos, el centro es contado como una capa.

2 Norma REA PE-39 ,Specification for Filled Telephone Cables,1981.

3.2.6.2 Par a Tierra :

El Desbalance como medida en el cable terminado no debe exceder los valores siguientes cuando sea probado.

Tabla Nº 3.2.6.2.1 Desbalance de Capacitancia a tierra

	pF/Km (pF/1000pies)	pF/Km (pF/1000pies)
Numero de Pares del Cable	Máximo Individual	Máximo Promedio
6 12 ó mas	2625(800) 2625(800)	--- 574(175)

Fuente: Norma REA PE-39 1981

El máximo promedio de Desbalance de Capacitancia a tierra para calibres 19 y 22 únicamente, no debe exceder 492 pF /Km.

Cuando se mida desbalance de capacitancia par a tierra, todos los pares excepto el par bajo prueba son conectadores a tierra con la pantalla.

Y cuando se estén midiendo cables que contengan súper-unidades, todos los otros pares en la misma súper-unidad, deben ser conectados a tierra con la pantalla.

3.2.6.3 Par a Soporte

Esta prueba se aplica únicamente a cables telefónicos autosoprtados, sin pantalla. El Desbalance debe ser medido, de igual manera que para obtener el Desbalance de capacitancia par a tierra, remplazando el mensajero a tierra en lugar de la pantalla.

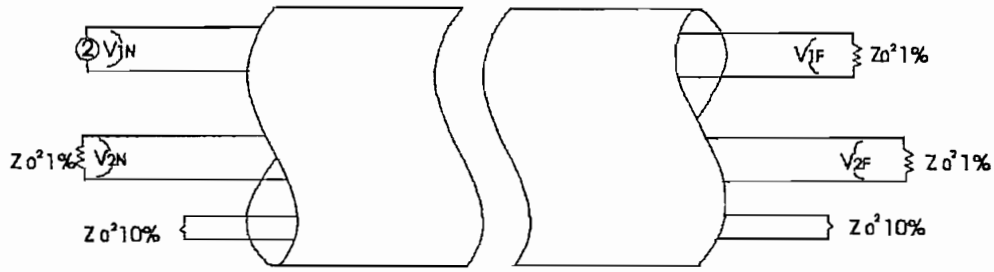
3.2.7 DIAFONIA

La diafonía , tal como su nombre los indica, significa dos fonías. Esto quiere decir que la señal transmitida por un par logra inducirse a los pares adyacentes del cable, produciendo interferencias entre los pares del cable.

La diafonía es una transferencia de energía de un circuito llamado perturbador sobre un circuito llamado perturbado.

El desbalance capacitivo y el bajo aislamiento son las principales causas de la diafonía.

3.7.2.1 NEXT (Crosstalk Loss Near-End)



Nota: 1.- Impedancia de fuente: $Z_0 \pm 1\%$; 2.- Z_0 a 150 kHz(FEXT) o 3.- Z_0 a 772 kHz (NEXT) ; 4.- Resistencias terminales Z_0 debe ser no inductiva.

Figura N° 3.7.2.1.1: Circuito de Prueba para medidas de Crosstalk

El NEXT es usualmente definido y medido como un crosstalk de entrada-a-salida (Esto es la señal de entrada al par perturbador es comparada con la señal de salida presente en el par perturbado, esto es al mismo extremo del cable el cual incluye la perturbación de la fuente.

Estas mediciones se realizan en el mismo extremo del cable.

Referido a la figura N° 2.el NEXT esta definido como:

$$X_m = | \ 20 \log_{10} (V_{2N}/V_{1N}) \ | \quad \text{ec.(3.7.2.1)} \ ^{5}$$

5 Norma ASTM 4566-98, Standard Test Methods for Electrical Properties of Insulation and Jackets for Telecommunications Wire and Cable.

Donde :

V_{1N}= Voltaje de perturbación de entrada al par.

V_{2N} = Voltaje perturbado de salida del par, extremo cercano

A través de la siguiente fórmula tendremos la diafonía con respecto al valor de la impedancia:

$$20 \log_{10} [4 Z_0 Z / (Z_0 + Z)^2] \quad \text{ec.(3.7.2.1.1)}^{5}$$

Donde:

Z_0 = Característica de Impedancia nominal.

Z = Impedancia de terminales.

El NEXT cuando sea medido dentro de cada unidad de un cable terminado a 722 KHz no debe ser menor que los valores mostrados a continuación para cualquier unidad dentro del cable.

Tabla Nº 3.7: Valores de NEXT

	Tamaño de la Unidad	dB
Dentro de la Unidad	12 y 13 pares	56
	18 y 25 pares	60
Entre Unidad	Adyacente 13 pares o menos	65
	Adyacente 25 pares	66
	No adyacente (todos)	81

Fuente: Norma REA PE-39 1981

Las medidas obtenidas son corregidas a un valor estándar de longitud (normalmente 1000 pies o 1000 m). La corrección de diafonía, no es necesario para longitudes mayores a 1000 pies (305m).

Si cables de longitudes menores a 1000 pies (305m) son probados, las lecturas corregidas a la longitud estándar se pueden obtener con la siguiente ecuación:

5 Norma ASTM 4566-98, Standard Test Methods for Electrical Properties of Insulation and Jackets for Telecommunications Wire and Cable.

$$N_x = N_o - 10\log_{10}(1-e^{-4\alpha \ell x}) / (1-e^{-4\alpha \ell o}) \quad \text{ec.(3.7.2.1.2)}\ ^{2}$$

Donde:

α = Atenuación en nepers por unidad de longitud.

N = Diafonía extremo – cercano en dB.

o = Valores por referencia de longitud.

x = Valores para nueva longitud.

ℓ = Longitud.

e = 2.71828

3.7.2.2 FEXT (Crosstalk Loss Far-End)

Para tomar medidas de NEXT se ubica el generador de señal en un extreme del cable y el medidor de señal en el extremo cercano.

Con referencia a la figura Nº 2 el FEXT debe ser definido como:

$$FEXT\ dB = \left| 20\log_{10}(V_{2F}/V_{1F}) \right| \quad \text{ec.(3.7.2.2.1)}\ ^{5}$$

Donde:

V_{1F} = Voltaje de salida del par perturbante.

V_{2F} = Voltaje de Salida del par perturbado, del extremo lejano.

El FEXT medido en el cable, a una frecuencia de 150 KHz no debe ser menor que 68dB/ Km.

El calculo rms (Raíz Media Cuadrática) debe ser basado en la combinación total de todos los pares adyacentes y alternados dentro de la misma capa y la combinación de del centro a la primera capa.

---

3 Norma REA PE-39 ,Specification for Filled Telephone Cables,1981.

5 Norma ASTM 4566-98, Standard Test Methods for Electrical Properties of Insulation and Jackets for Telecommunications Wire and Cable.

FEXT entre algún par de un cable no debe ser menor que 58 dB/Km a 150 KHz.

Cuando se mida cable multi-unidad, cada unidad debe cumplir que el FEXT medido a una frecuencia de 150 kHz no debe ser menor que 68dB/ Km.

La perdida de crosstalk rms* en dB es el número de dB correspondiente a la raíz cuadrada del voltaje rms*.

$$\text{rms dB} = 20\log_{10} \sqrt{\{ \sum [(V_{xy})^2]/ N\}} \quad \text{ec.(3.7.2.2.2)} \ ^{2}$$

Donde :

N= Número de Pares.

V_{xy} = Razón de Voltaje entre pares **x** y **y.**

Si la pérdida es K_0 es conocido, a una frecuencia F_0, para una longitud L_0, entonces K_x es determinado para otra frecuencia F_x,a una longitud L_x por:

$$\text{FEXT Loss}(K_x) = K_0 - 20 \log_{10} (F_x/F_0) - 10 \log_{10} (L_x/L_0) \quad \text{ec.(3.7.2.2.3)} \ ^{2}$$

3.2.8 ATENUACION

Atenuación es una medida de perdida de señal a través de una longitud de alambre o cable y es afectada por los materiales empleados y la geometría del aislamiento de los conductores. Refiriéndose a la figura Nº 2 la atenuación es definida como:

$$\alpha = 20\log_{10} (V_{1F}/V_{1N}) \quad \text{ec.(3.2.8.1)} \ ^{5}$$

---

2 Norma REA PE-39 ,Specification for Filled Telephone Cables,1981

5 Norma ASTM 4566-98, Standard Test Methods for Electrical Properties of Insulation and Jackets for Telecommunications Wire and Cable.

Donde:

α = Medida de atenuación de longitud de cable, dB.

V_{1N} = Nivel de Voltaje de entrada[V].

V_{2N} = Nivel de voltaje de salida[V].

Para cables de 6 o mas pares, la máxima atenuación de algún par individual en cualquier carreto, no debe exceder +15 % y - 10% de los valores especificados en la tabla 3.8, cuando las medidas o corregidas a una temperatura de 20 ± 1° C .

Para cables cuya constitución supere los 12 pares, la atenuación promedio máxima de todos los pares en cualquier carreto no debe exceder + 15 % y –10 % de los valores nominales de la tabla Nº 3.2.8.1.

Tabla Nº 3.2.8.1 Atenuación Nominal(dB/ Km)

Conductor AWG	150 KHz	772 KHz
19	4.0	8.6
22	5.7	12.4
24	7.5	15.4
26	10.9	19.5

Fuente: Norma REA PE-39 1981

3.2.9 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

La resistencia de aislamiento se define como la suma de infinitas resistencias conectadas en paralelo entre la línea bajo prueba y todas las demás líneas conectadas entre sí y con tierra(pantalla) en circuito abierto.

Cada conductor aislado, en toda la longitud del cable terminado, cuando sea medido con todos, los otros conductores aislados y la pantalla debe tener una resistencia de aislamiento no menor que 1600 MΩ -Km a 23±1 ° C .La medida debe ser realizada con un potencial DC comprendido entre 100 y 500 V. aplicado por un minuto.

La prueba debe ser terminada dentro del minuto, o tan pronto como el valor obtenido en la medición sea mayor o igual al especificado anteriormente.

3.2.10 PRUEBA DE ALTO VOLTAJE

Esta prueba tiene el propósito de verificar que el material aislante de los conductores y la chaqueta estén en forma correcta y uniforme en toda su longitud.

En cada longitud del cable terminado, el aislamiento entre conductores debe ser capaz de resistir por 3 segundos un potencial D-C cuyo valor no debe ser menor que:

7kV para conductor calibre 19
5kV para conductor calibre 22
4kV para conductores calibre 24
2.8kV para conductores calibre 26

En cada longitud de cable terminado el dieléctrico entre la pantalla y los conductores en el núcleo debe resistir por 3 segundos un potencial DC cuyo valor será mayor que 15kV.

3.2.11 IMPEDANCIA CARACTERISTICA

La impedancia característica es el conjunto de parámetros que se opone al paso de una señal alterna y se obtiene mediante la relación entre voltaje aplicado y la corriente alterna circulante, en un punto cualquiera de una línea de transmisión considerada infinitamente larga.

La impedancia característica se determina por medio de los cuatro parámetros primarios, de la línea de transmisión(resistencia, capacitancia, inductancia y conductancia.)

$$Z_0 = \sqrt{(R + jwL)/(G + jw\,C)} \quad \text{ec.(3.2.11.1)}^7$$

Donde:

Z_0 = Impedancia característica de la línea [Ω].

R = Resistencia de loop de la línea [Ω].

C = Capacidad de la línea [F].

L = Inductancia de la línea [F].

G = Conductancia [℧]

w = 2*π*f

f = frecuencia[Hz]

j = Factor imaginario.

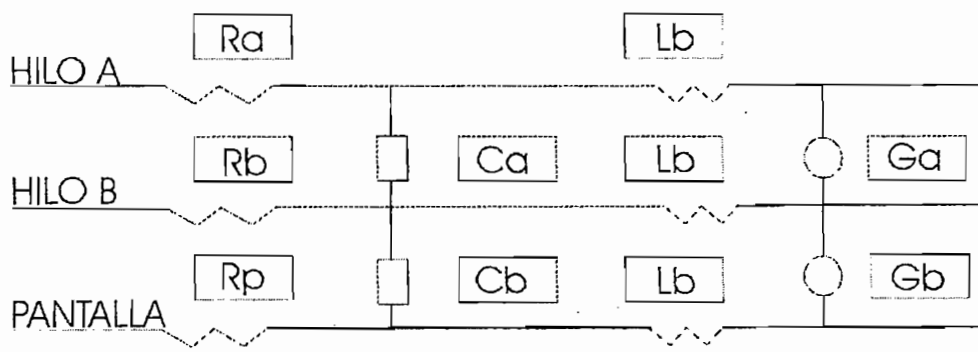


Figura 3.2.11.1: Representación Gráfica de los parámetros primarios de par telefónico.

De acuerdo con el grafico anterior, se relacionan los cuatro parámetros. Para bajas frecuencias el parámetro de inductancia y conductancia son insignificantes y la relación de impedancia queda:

$$Z_0 = \sqrt{R / w\,C} \quad \text{ec.(3.2.11.2)}^7$$

7CANDIA, Miguel. *Planta externa, Cables Simétricos y coaxiales para Telecomunicaciones.* Chile. 1999.

Donde:

Z_0 = Impedancia característica de la línea [Ω].

R = Resistencia de loop de la línea [Ω].

C = Capacidad de la línea [F.

w = 2*π*f

f = frecuencia[Hz]

3.2.11.1 Opción I.- Circuito abierto y Corto circuito

Las medidas de corto circuito y corto circuito, son empleadas par obtener el valor de impedancia característica, con la siguiente relación:

$$Z_0 = \sqrt{Z_{OC}\, Z_{SC}} \quad \text{ec.(3.2.11.1)}\ ^{5}$$

Donde :

Z_0 = Característica de Impedancia (parte compleja).

Z_{OC} = Impedancia de Circuito abierto (parte compleja)

Z_{SC} = Impedancia de Corto circuito (parte compleja).

3.2.11.2 Opción II .- Medidas de Impedancia de entrada

El valor de la impedancia de carga influye en la impedancia de entrada, a bajas frecuencias y para longitudes cortas. Las medidas tomadas pueden ser aplicadas en la siguiente fórmula, y obtener la impedancia característica.

$$Z_{IN} = Z_0 \frac{Z_L + Z_0 \tanh \gamma \ell}{Z_0 + Z_L \tanh \gamma \ell} \qquad (3.2.11.2.1)\ ^{5}$$

Donde:

Z_{IN} =Impedancia de entrada

Z_0 = Impedancia característica

5 Norma ASTM 4566-98, Standard Test Methods for Electrical Properties of Insulation and Jackets for Telecommunications Wire and Cable.

Z_L = Impedancia de carga

γ = Propagación constante

l = Longitud del par

3.2.12 PRUEBA DE PENETRACION DE AGUA

Los cables deben ser probados para conocer la resistencia a la penetración de humedad.

Un metro de longitud de cable debe ser estabilizado a 23 ± 2° C.
El cable será colocado sobre un tubo perpendicular lleno con agua hasta una altura de 0.9m ± 0:1m, con una solución de 0.2 gr de fluorescencia de sodio por litro de agua. La altura estática podrá ser reemplazada por la acción de una presión equivalente, cualquiera de los dos efectos será mantenido por 1 hora. Durante dicho lapso no debe haber fuga a través del extremo abierto de la muestra del cable.

No debe existir filtración en las interfaces de la pantalla bajo la envoltura del núcleo o entre el aislamiento en el núcleo. Si es detectada penetración de agua 3 m adicionales adyacentes de muestra de la misma bobina de cable debe ser probada.

Si la muestra restante presenta filtraciones la bobina entera de cable debe ser rechazada. Si la muestra no presenta filtraciones, la bobina entera es aceptada.

3.2.13 PRUEBA DE DOBLADO DEL CABLE.

Toda fabricación de cables en concordancia con los requerimientos debe ser capaz de cumplir la siguiente prueba:

Se recomienda una longitud de cable para el doblado con pantalla traslapada, Se realiza un doblado alrededor de un mandril en un arco de 180, enderezar luego doblar 180° en la dirección opuesta, completando un ciclo; el espécimen

debe ser enderezado, rotado 90º, y realizar un segundo ciclo de doblado. La prueba debe ser completada en menos de un minuto. El espécimen debe haber sido acondicionado por un mínimo de 4 horas a –20 ± 2º C y debe ser probado a esta temperatura, o inmediatamente de remover de la cámara fría donde la muestra ha sido acondicionada, con un mandril con superficie no-conductora como madera.

Los diámetros de mandriles deben ser los siguientes:

Tabla Nº 3.2.13.1: Diámetros de Mandriles

Clasificación	Diámetro del mandril
No Gopher Resistant(No Resistente al ataque de roedores)	15x*
Gopher Resistant (Resistente al ataque de roedores)	20x*

Fuente: Norma REA PE-39 1981

*x = diámetro externo del cable

El cable puede ser calentado en un cuarto temperado antes de la inspección. El área doblada del cable no debe mostrar evidencia visible de fractura de la chaqueta. Después de quitar la chaqueta, la pantalla no debe tener visible evidencia de fractura.

CAPITULO 4

CALCULO DE MATERIAS PRIMAS

En este capítulo se realizarán los cálculos para definir las características dimensionales y físicas de los cables telefónicos.

La metodología de cálculo constará de la ecuaciones utilizadas y las consideraciones tomadas.

Comenzaremos calculando el diámetro del cable desde el conductor aislado hasta el núcleo.

El cálculo de dimensiones de las materias primas como : el cobre, aislamiento, relleno, cinta mylar, flooding, cinta de aluminio, mensajero y chaqueta.

4.1 CALCULO DE DIAMETROS

4.1.1 DIAMETRO DEL CONDUCTOR AISLADO

El diámetro del conductor aislado se obtiene de acuerdo con la ecuación de Capacitancia Mutua , como ya analizamos según normas internacionales el valor de capacitancia mutua estandarizado es 52 nF/km ± 2 nF, para los diámetros de 0.40, 0.51, 0.64, 0.80, y 0.91 mm respectivamente.

Para obtener el valor de 52nF/km debe existir una ecuación entre el diámetro del conductor, la distancia entre ejes del par y la constante dieléctrica del material aislante.

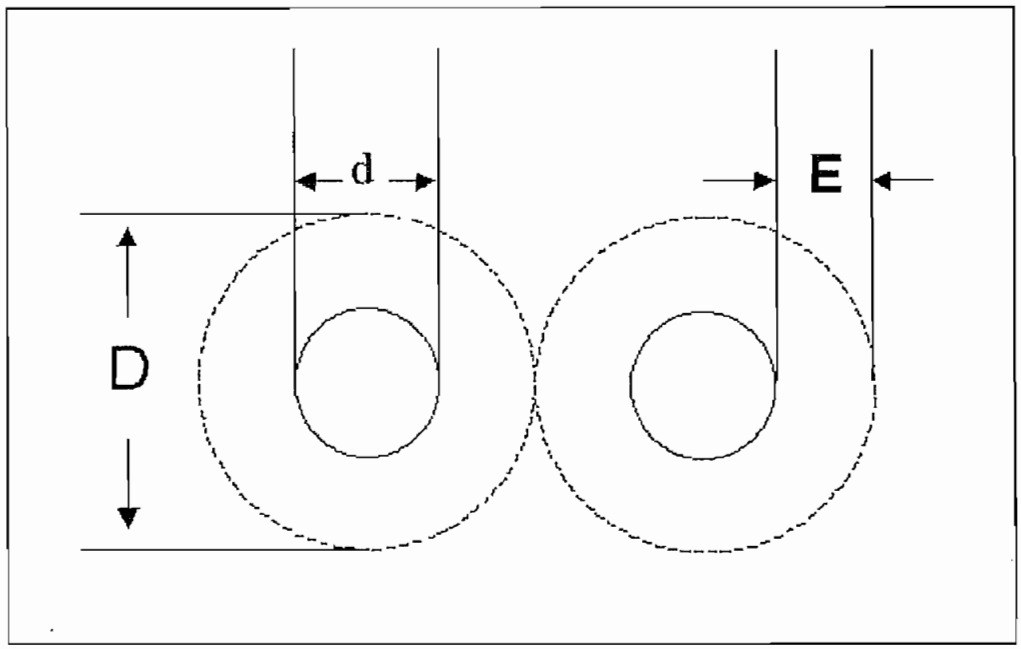


Figura 4.1.1.1 Capacitancia Mutua entre 2 conductores aislados.

La ecuación para determinar el valor de 52nF/km en los cables multipares es:

$$CM = \frac{23.4 * k_f * k_j}{\log \frac{D}{d} + 0.178} \qquad \text{ec.(4.1.1.1)}^3$$

Donde :

CM = 52 nF / km.

d = Diámetro del conductor sin aislante , en mm.

D = Diámetro del conductor aislado.

k_f = Factor de corrección por aislamiento del cable.

$$k_f = 0.155\epsilon^2 - 0.308\epsilon^* + 0.8939 \quad \text{ec.(4.1.1.2)}^3$$

*Valor de ϵ = 1.9 a 2.2 [gr/cm^3]

[3] Datos de fabricantes

k_j = Factor de corrección para cables rellenos, que por experiencia de fabrica es 1.14.

Además del gráfico tenemos que :

$$D = d + 2E_a \quad \text{ec.(4.1.1.3)}^3$$

Despejando de la ecuación anterior D obtenemos el diámetro de un conductor aislado, tanto seco como para rellenos con gelatina de petróleo que es la base para el cálculo de los demás diámetros.

Y con la ecuación 4.3 podemos encontrar el espesor de aislamiento.

En la siguiente tabla se resume los valores obtenidos mediante los reemplazos en las ecuaciones tanto para cables secos y cables rellenos con gelatina de relleno.

Tabla 4.1.1.1 Valores de D y E para cables secos y rellenos

d	Seco		Relleno	
(mm)	D(mm)	E(mm)	D(mm)	E(mm)
0.4	0.68	0.14	0.78	0.19
0.5	0.85	0.17	0.97	0.24
0.6	1.03	0.21	1.17	0.28
0.7	1.19	0.24	1.36	0.33
0.8	1.36	0.28	1.56	0.38

4.1.2 DIAMETRO DE UN PAR

El diámetro de un par se calcula de la siguiente manera:

$$D_{par} = 2^* D \quad \text{ec.(4.1.2.1)}^3$$

[3] Datos de fabricantes

Donde:

D_{par} = Diámetro de un par[mm]

D = Diámetro de un conductor aislado[mm].

4.1.3 DIAMETRO DE UN GRUPO DE 25 PARES

De acuerdo con la distribución de los pares dentro de un grupo podemos decir que:

$$D_{grupo} = 5^* D_{par} \quad \text{ec.(4.1.3.1)}^3$$

Donde:

D_{grupo} = Diámetro de un grupo de 25 pares[mm].

D_{par} = Diámetro de un par[mm].

4.1.4 DIAMETRO DEL NUCLEO

El diámetro del núcleo se puede hallar con la siguiente ecuación:

$$D_N = d * \sqrt{(k * N)} \quad \text{ec. (4.1.4.1)}^3$$

Donde :

D_N = Diámetro del núcleo.

d = Diámetro del conductor aislado.

k = 2 , factor obtenido experimentalmente .

N = Número de conductores.

[3] *Datos de fabricantes*

4.2 CALCULO DEL CONDUCTOR DEL COBRE

4. PESO DE UN HILO CONDUCTOR POR UNIDAD DE LONGITUD

El peso del cobre por unidad de longitud se calcula con la siguiente ecuación :

$$P_{hilo} = \pi /4 * D^2 * \delta_{cu} \quad ec.(4.2.1.1)^3$$

Donde :

P_{hilo} = Peso por unidad de longitud de hilo conductor[kg./km].

D = Diámetro del hilo conductor [mm].

δ_{cu} = Densidad del cobre = 8.89 [g/ cm^3].

Calculo del peso del cobre para diferentes calibres:

A continuación se realizará el reemplazo de valores en la ecuación 4.2.1.1 con cada uno de los calibres utilizados para conductores telefónicos.

- **Calibre 19**

ϕ = 0.9119 mm

$$P_{hilo} = \pi/4 * (0.9119\ mm)^2 * 8.89\ g/\ cm^3$$

$$P_{hilo} = \pi/4 * (0.9119 * 10^{-6}\ Km)^2 * 8.89 * 10^{12} Kg/\ Km^3$$

$$\mathbf{P_{hilo19} = 5.806\ [kg\ /km]}$$

Tabla Nº 4.2.1.1 Peso de cobre por unidad de longitud

Calibre del conductor	Peso por unidad de longitud [kg/km]
19	5.806
22	2.883
24	1.8196
26	1.139

Datos obtenidos del reemplazo en la ec.4.2.1.1

[3] *Datos de fabricantes*

5. PESO DEL COBRE DE UN PAR

Debido a que el par no se encuentra en forma paralela, sino que un par envuelve al otro en forma helicoidal, el cobre para un par se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_{cpar} = 2 * P_{hilo} * f_p \quad \text{ec (4.2.2.1)}^3$$

Donde :

P_{cpar} = Peso del cobre de un par por unidad de longitud [kg/km].

P_{hilo} = Peso por unidad de longitud de hilo conductor[kg/km].

f_p = Factor por pareado, que en forma práctica se ha obtenido y es 2%.

Remplazando en la ecuación 4.2.2.1 el factor se tiene la siguiente ecuación:

$$P_{cpar} = 2 * P_{hilo} * 1.02 \quad \text{ec.(4.2.2.2)}^3$$

6. PESO DE UN GRUPO POR UNIDAD DE LONGITUD

De igual manera como en el par en la formación del grupo los pares no están distribuidos paralelamente y por tanto también existe un factor de grupo. Y la ecuación que determina el peso por grupos es:

$$P_{cgrupo} = N_p * P_p * f_g \quad \text{ec.(4.2.2.3)}^3$$

Donde:

P_{cgrupo} = Peso de grupo por unidad de longitud[kg/km].

N_p = Número de pares que forma el grupo generalmente es 25.

f_g = Factor por formación de grupo.

[3] Datos de fabricantes

Los fabricantes experimentalmente han determinado que el factor es 1.5 % y remplazando en la ecuación 4.2.2.3 se obtiene:

$$P_{cgrupo} = N_p * P_p * 1.015 \quad ec.(4.2.2.4)^3$$

7. PESO DEL COBRE DEL NUCLEO POR UNIDAD DE LONGITUD

El peso del Cobre del núcleo se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$P_{Núcleo} = P_{grupo} * N_g * f_N \quad ec.(4.2.2.5)^3$$

Donde:

$P_{Núcleo}$ = Peso del Cobre del núcleo por unidad de longitud [kg/km].

P_{grupo} = Peso del cobre de grupo[kg/km].

N_g = Número de grupos.

f_N = Factor por formación de núcleo.

Experimentalmente se ha comprobado que el factor por formación de grupo es 1.5% , y remplazando en la ecuación 4.7 se obtiene la siguiente ecuación:

$$P_{Núcleo} = P_{grupo} * N_g * 1.015 \quad ec.(4.2.2.6)^3$$

4.3 CALCULO DEL PESO DEL AISLAMIENTO

De igual manera que para calcular el cobre se realiza el mismo procedimiento par el cálculo del aislamiento.

[3] *Datos de fabricantes*

4. PESO DEL AISLAMIENTO PARA UN HILO CONDUCTOR

$$P_{ah} = \pi/4 * (D_a^2 - D_c^2) \delta_a \quad \text{ec.(4.3.1.1)}^3$$

Donde:

P_{ah} = Peso de aislamiento de 1 hilo conductor [kg/km].

D_a = Diámetro del conductor aislado [mm].

D_c = Diámetro del conductor sin aislamiento[mm].

δ_a = Densidad del material aislante [g/ cm^3].

Diámetro del conductor aislado se calculo con la ec. 4.1.1.3

5. CALCULO DE PESO DE AISLAMIENTO DE UN PAR

El peso de aislamiento de un par se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_{ap} = 2 * P_{ah} * f_{ap} \quad \text{ec.(4.3.2.1)}^3$$

Donde:

P_{ap} = Peso de aislamiento de 1 par(Kg/Km).

P_{ah} = Peso de aislamiento de 1 hilo (Kg/Km).

f_{ap} = factor de aislamiento de par.

El factor experimentalmente se ha obtenido que es de 1.5 %.
Remplazando en la ecuación 4.3.2.1 el factor resulta la siguiente ecuación:

$$P_{ap} = 2 * P_{ah} * 1.015 \quad \text{ec.(4.3.2.2)}^3$$

[3] Datos de fabricantes

6. CALCULO DEL PESO DEL AISLAMIENTO DE GRUPO

$$P_{ag} = N_p * P_{ap} * f_{ag} \quad \text{ec. (4.3.3.1)}^3$$

Donde:

P_{ag} = Peso de aislamiento por grupo por unidad de longitud [kg/km].

N_p = Número de pares que forma el grupo generalmente es 25.

f_{ag} = Factor de aislamiento de grupo.

Los fabricantes experimentalmente han determinado que el factor es 1.5 % y remplazando en la ecuación 4.3.3.1 se obtiene:

$$P_{ag} = N_p * P_{ap} * 1.015 \quad \text{ec.(4.3.3.2)}^3$$

7. PESO DEL AISLAMIENTO DEL NUCLEO POR UNIDAD DE LONGITUD

El peso del aislamiento del núcleo se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$P_{aN} = P_{ag} * N_g * f_N \quad \text{ec.(4.3.4.1)}^3$$

Donde:

P_{aN} = Peso del Aislamiento del núcleo por unidad de longitud [kg/km].

P_{ag} = Peso del aislamiento de grupo[kg/km].

N_g = Número de grupos.

f_N = Factor por formación de núcleo.

---

[3] Datos de fabricantes

Experimentalmente se ha comprobado que el factor por formación de núcleo es 1.5% , y remplazando en la ecuación 4.3.4.1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$P_{aN} = P_{ag} * N_g * 1.015 \quad \text{ec.(4.3.4.2)}^3$$

4.4 CALCULO DEL PESO DEL RELLENO

Con la ecuación 4.6 obtenemos el diámetro del núcleo y por medio de la siguiente ecuación calcularemos el área del núcleo:

$$A_N = \pi /4 * D_N{}^2 \quad \text{ec.(4.4.1)}^3$$

Donde:

A_N = Area del Núcleo [mm^2]

D_N = diámetro del núcleo[mm].

Calcularemos también el área de los pares con la siguiente ecuación:

$$A_p = \pi /4 * D^2 * N_h * f_p * f_c \quad \text{ec.(4.4.2)}^3$$

Donde:

A_p = Area de los pares que conforman el núcleo.

D = Diámetro del conductor aislado.

N_h = Número de hilos que conforman el núcleo.

f_p= 2% Factor por pareado obtenido experimentalmente en la fabricación.

f_c = 1.5 % Factor de cableado por formación de grupos, obtenido por experiencia en la fabricación.

[3] Datos de fabricantes

De esta manera al realizar la resta del área del diámetro del núcleo menos el área de los pares obtendremos el área rellenada de la siguiente manera:

$$A_R = \pi/4^* (D_N^2 - D^2 {}^*N_h {}^* f_p {}^* f_c) \quad \text{ec.(4.4.3)}^3$$

Y con la siguiente ecuación se puede hallar el peso del relleno por unidad de longitud:

$$P_R = A_R * \delta_r \quad \text{ec.(4.4.4)}^3$$

Donde :

P_R = Peso del relleno por unidad de longitud [kg / km]

A_R = Área del relleno o área del cable rellenada[mm^2]

δ_r = Densidad del compuesto de relleno[gr/cm^3].

4.5 CALCULO DE LA CINTA MYLAR

La cinta Mylar que recubre el núcleo tiene cierto ancho que se puede calcular de la siguiente manera:

$$ACM = 2\ \pi^* Dr + TM \quad \text{ec.(4.5.1)}^3$$

Donde:

ACM = Ancho de Cinta Mylar[mm].

D_r = Diámetro sobre relleno [mm].

TM = Traslape Mylar, cuyo valor esta especificado en las recomendaciones de construcción de cables telefónicos[mm].

[3] Datos de fabricantes

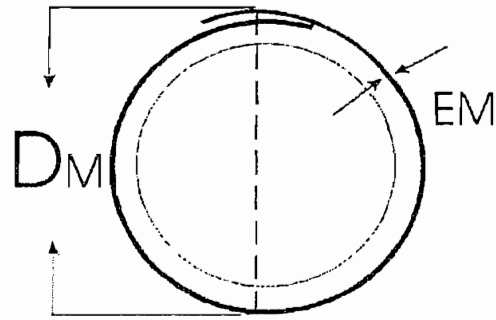


Figura 4.5.1 Aplicación cinta Mylar

Del gráfico anterior podemos determinar gráficamente el diámetro sobre la cinta Mylar que se expresa de la siguiente manera:

$$D_M = D_r + 3*M \quad \text{ec.(4.5.2)}^3$$

Donde:

D_M = Diámetro sobre Mylar[mm].
D_r = Diámetro sobre Relleno [mm].
EM = Espesor de cinta Mylar[mm].

4.6 CALCULO DEL FLOODING

El cálculo del diámetro sobre el flooding podemos obtenerlo con la siguiente ecuación:

$$D_f = D_M + 0.5 \quad \text{ec.(4.6.1}^3$$

Donde:

D_f = Diámetro sobre flooding[mm].
D_M = Diámetro sobre Mylar[mm].

[3] *Datos de fabricantes*

El peso del flooding se calcula de la siguiente manera:

$$P_f = \pi/4 * (D_f{}^2 - D_M{}^2) * \delta_f \quad \text{ec.}(4.6.3)^3$$

Donde:

P_f = Peso del Flooding[kg/km]

D_f = Diámetro sobre flooding[mm].

D_M = Diámetro sobre Mylar[mm].

δ_f = Densidad del material flooding.

4.7 CALCULO DE LA CINTA DE ALUMINIO

Para conocer el ancho de la cinta de aluminio se tiene la siguiente ecuación:

$$ACA = 2 * \pi * D_f + 2\,TA \quad \text{ec.}(4.7.1)^3$$

Donde:

ACA = Ancho de la Cinta de Aluminio[mm].
D_M = Diámetro sobre flooding[mm].
TA = Traslape de la cinta de Aluminio[mm].

Para el cálculo del diámetro sobre la cinta de aluminio utilizamos la siguiente ecuación:

$$D_{al} = D_f + 2\,EA \quad \text{ec.}(4.7.2)^3$$

Donde:

D_{al} = Diámetro sobre el aluminio[mm].

[3] Datos de fabricantes

D_f = Diámetro sobre el flooding[mm].

EA = Espesor de la cinta de aluminio (Cinta aluminio + 2*Cubierta de plástico)*

4.8 CÁLCULO DEL MENSAJERO

En la tabla 1.2.5.1.1 de capítulo 1, se especifica los diámetros nominales del cable mensajero, y el peso correspondiente en una unidad de longitud de 1000 pies ó 305 m.

4.8.1 CÁLCULO DE FLOODING O COMPUESTO DE BAÑO DEL MENSAJERO

El peso del flooding podemos calcularlo de la siguiente manera:

$$P_{bm} = P_{mb} - P_m \quad \text{ec.(4.8.1)}$$

Donde:

P_{bm} =Peso del baño del mensajero.

P_{mb} = Peso del mensajero con baño.

P_m = Peso del mensajero sin baño.

De la tabla 1.2.5.1.1 se obtienen los valores y se remplaza en la ecuación anterior y se obtiene el peso del baño del mensajero por cada 305m de cable mensajero.

4.9 CALCULO DEL PESO DE LA CHAQUETA

4.9.1 CABLES NO AUTOSOPORTADOS

Para calcular el Diámetro total o sobre la chaqueta se utiliza la siguiente ecuación:

* Según las especificaciones el espesor de la cinta de aluminio es : 0.2030±0.0254mm y el espesor de la cubierta de plástico es 0.0381 en cada lado de la cinta de aluminio.

$$D_{ch} = D_{al} + 2^* ECH \quad ec.(4.9.1.1)^3$$

Donde :

D_{ch} = Diámetro sobre chaqueta [mm].

D_{al} = Diámetro sobre aluminio[mm].

ECH = Espesor de la chaqueta especificadas en las recomendaciones[mm].

Para el cálculo del peso de la chaqueta se tiene :

$$P_{ch} = \pi /4 * (D_{ch}^{\ 2} - D_{al}^{\ 2}) * \delta_{ch} \quad ec.(4.9.1.2)^3$$

Donde:

P_{ch} = Peso de la chaqueta[kg/km]

D_{ch} = Diámetro sobre chaqueta o total[mm].

D_{al} = Diámetro sobre cinta de aluminio[mm].

δ_{ch} = Densidad del material de chaqueta[g/ cm^3].

4.9.2 CABLE AUTOSOPORTADO

El cable auto soportado consta de mensajero, núcleo y un área que uno a los dos anteriores que también es del mismo material de la chaqueta.

En la figura II de los Anexos A, se tiene los valores especificados del cable autosoportado los cuales utilizaremos para el cálculo del peso de la chaqueta total.

La ecuación que utilizaremos es la siguiente:

$$P_{chT} = P_{chN} + P_{chm} + P_{ANM} \quad ec.(4.9.2.1)^3$$

[3] Datos de fabricantes

Donde :

P_{chT} = Peso de la chaqueta Total.
P_{chN} = Peso de la chaqueta sobre el Núcleo.
P_{chm} = Peso de la chaqueta sobre el mensajero
P_{ANM} = Peso de Chaqueta del Área entre el Núcleo y el Mensajero.

A continuación realizaremos el cálculo de cada uno de los parámetros que conforman la ecuación anterior.

4.9.2.1 Calculo del peso de la chaqueta sobre el núcleo

Se calcula de igual manera que para un cable sin mensajero con la ecuación 4.9.1.2.

4.9.2.2 Calculo de la chaqueta sobre mensajero

Se calcula con las siguientes relaciones:

$$P_{chm} = \pi/4 * (D_{mch}^{\ 2} - D_{mb}^{\ 2}) * \delta_{ch} \quad \text{ec.(4.9.2.2.1)}^{3}$$

Donde :

P_{chm} = Peso de la chaqueta sobre mensajero.
D_{mch} = Diámetro de mensajero sobre chaqueta.
D_{mb} = Diámetro de mensajero sobre baño.

Para calcular el Diámetro del mensajero después del baño tenemos la siguiente ecuación:

$$D_{mb} = D_m + 0.5 \quad \text{ec.(4.9.2.2.2)}^{3}$$

[3] Datos de fabricantes

Donde:

D_m = Diámetro del mensajero sin baño.

El diámetro de la chaqueta sobre el mensajero se calcula de la siguiente manera:

$$D_{chm} = D_{mb} + 2\,E_{chm} \quad \text{ec.(4.9.2.2.3)}^3$$

Donde:

E_{chm} = Espesor de la chaqueta del mensajero*.

4.9.2.3 Calculo del chaqueta para el Área entre el núcleo y el Mensajero

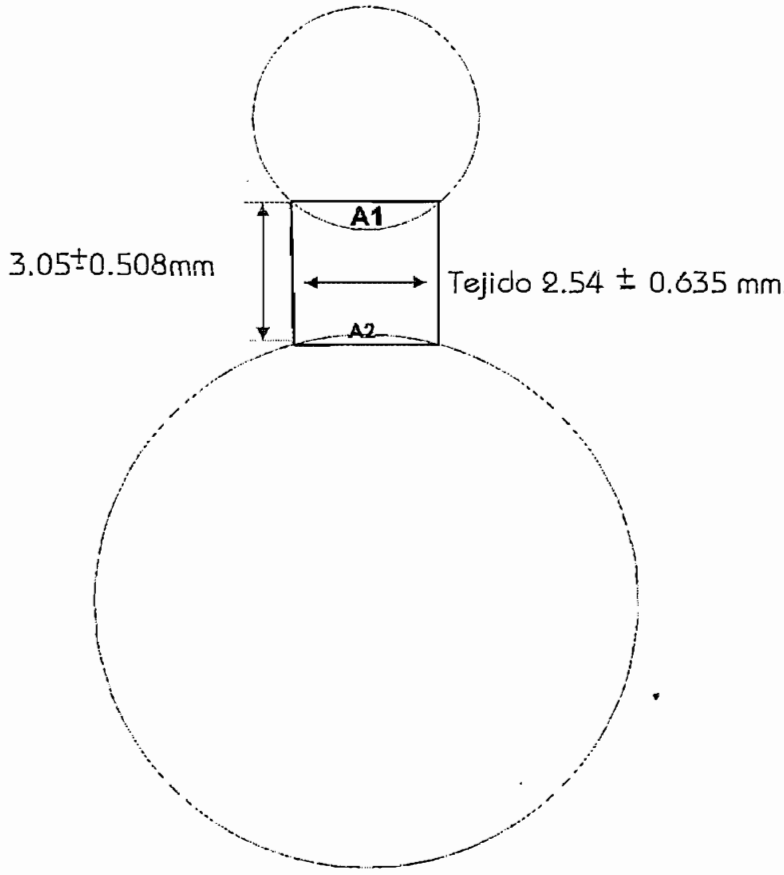


Figura Nº 4.9.2.3 Área entre Núcleo y Mensajero

*El espesor nominal especificado es 1.27 mm.

[3] Datos de fabricantes

Del gráfico podemos decir que el área entre el núcleo y el mensajero es:

$$A_T = Ar - A_1 - A_2 \qquad \text{ec.(4.9.2.3.1)}$$

Donde :

A_T = Area Total

A_r = Área del Rectángulo

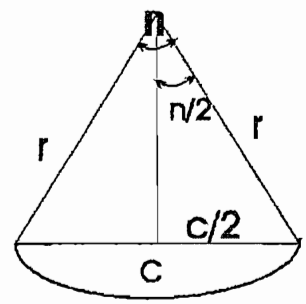
A_1 = Área del sector circular del mensajero.

A_2 = Área del sector circular del Núcleo.

Remplazando los valores especificados del rectángulo tenemos el siguiente resultado:

$$A_T = (3.050*2.54) - A_1 - A_2 \quad \text{ec.(4.9.2.3.2)}$$

Cálculo de Áreas A_1 y A_2 :



Área segmentada = Área sector circular – Área del triángulo (4.9.2.3.3)

Área segmentada $[\pi/360^o * r^2 * n] - [C/2 * r * \cos(n/2)]$ (4.9.2.3.4)

Donde :

$$n = 2*[\text{sen}^{-1} (C/2r)] \quad \text{ec.(4.9.2.3.5)}$$

Se realizan los respectivos reemplazos de r , n , c tanto para el Núcleo como para el mensajero y se obtiene los valores respectivos.

Calculo del peso del Área entre mensajero y núcleo:

$$P_{ANm} = A_T * \delta_{ch} \ (kg/km) \quad ec.(4.9.2.3.6)^3$$

4.10 CALCULO PARA DISEÑO DE CABLES FOAM SKIN

Para el diseño de cables foam-skin se parte de la ecuación para obtener la Capacitancia mutua que es la siguiente:

$$CM = \frac{9.8*(0.62E_i + 0.82)}{\log (D/d) + 0.17} \quad ec.(4.10.1)^3$$

Donde :

$$E_i = \frac{E_f * E_s * \log (D/d)}{E_f * \log \left(\frac{D}{D-2T}\right) + E_s * \log \left(\frac{D-2T}{d}\right)} \quad ec.(4.10.2)^3$$

CM = Capacitancia Mutua.

D = Diámetro del conductor aislado

d = Diámetro del conductor de cobre

E_f = Constante dieléctrica del foam.

E_s = Constante dieléctrica del skin.

T = Espesor del skin.

[3] Datos de fabricantes

Además :

$$E_f = E_p^{[1-(p/100)]} \quad \text{ec. (4.10.3)}^3$$

Donde :

E_f = Constante dieléctrica del foam.

E_s = Constante dieléctrica del skin.

P = Porcentaje de expansión del foam.

Estas ecuaciones nos permiten calcular ciertos parámetros que son específicos para cables foam –skin , los demás parámetros se calculan con las ecuaciones antes mencionadas para los cables con aislamiento sólido.

[3] Datos de fabricantes

CAPITULO 5

DISEÑO DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD PARA CABLES DE TRANSMISIÓN DE VOZ Y DATOS.

A continuación analizaremos los equipos, instalaciones, accesorios que se requieren para el laboratorio de control de calidad de cables telefónicos terminados, los cuales después de este control podrán ser utilizados en las redes telefónicas, tanto para transmisión de voz como para transmisión de datos.

5.1 DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS Y LOS EQUIPOS REQUERIDOS

5.1.1 CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR

La continuidad es una característica crítica, y debe ser probada bajo un potencial de 100 V o menos.

También se puede utilizar equipos de prueba automáticos, que normalmente están provistos de un indicador (luces o pantallas), que muestran si existe o no continuidad.

Antes de la realización de la prueba, se despoja de cualquier aislamiento cada conductor en ambos terminales.

Cuando un equipo automático de prueba es utilizado, ambos terminales del conductor individual son conectados al equipo, y generalmente se realizan, en conjunto con otras pruebas.

Por ejemplo se muestra en el anexo C, figura 1, un equipo que realiza la detección de corto circuito y circuito abierto, y además realiza la prueba de alto voltaje.

Para este tipo de pruebas se propone realizar un equipo, y a continuación se muestra un esquema de un circuito. Este diseño de equipo para realizar pruebas a cables telefónicos puede ser tomado como otro tema de tesis.

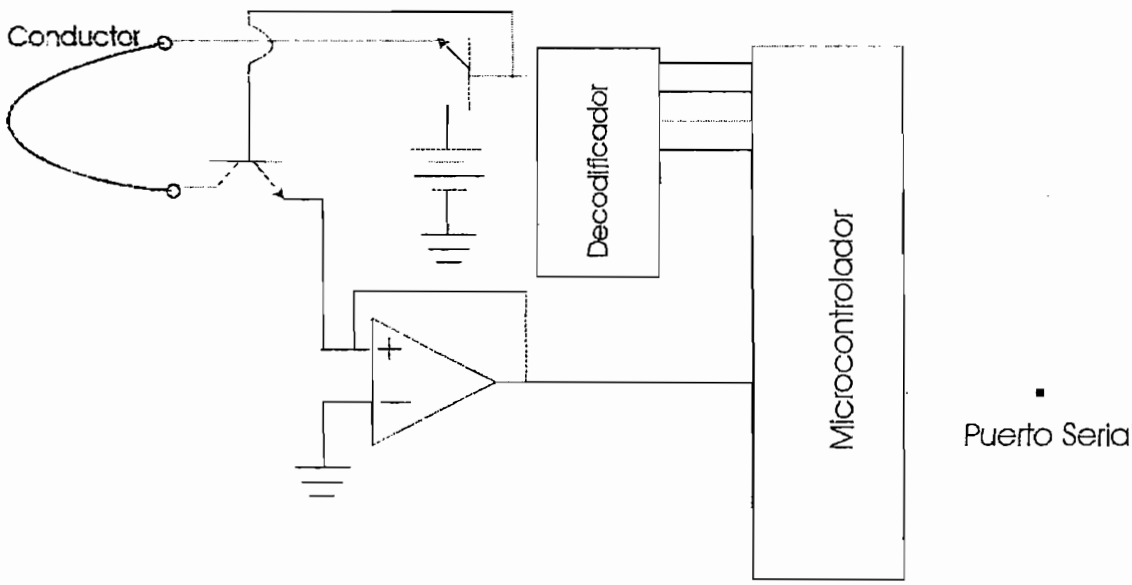


Figura 5.1.1: Esquema circuito para medir continuidad

En el computador mediante un programa que permita adquirir datos a través del puerto serial, envía señal al microcontrolador, (que será programado adecuadamente) inicia la prueba, el microcontrolador envía una señal al decodificador que seleccionar el conductor en forma ordenada, dicha señal pasa a los transistores y permite el paso de corriente hacia el conductor. Si el conductor es continuo permite el paso de corriente al amplificador operacional el cual regula el voltaje que pasa al microcontrolador, guarda el dato en la memoria que luego pasará por el puerto serial al computador para así manipularlo y mostrar los resultados a través del programa Visual Basic.

5.1.2 RESISTENCIA DEL CONDUCTOR

La resistencia de conductor es comúnmente medida con un voltímetro / Ohmetro o puentes de Wheatstone o Kelvin (figura 2 de los Anexos C) teniendo una tolerancia de ± 0.5%.

Antes de realizar la prueba se debe despojar de material aislante, a todos los pares en ambos terminales.

Varios tipos de equipos automáticos o semiautomáticos pueden ser utilizados para la medición.

En la Politécnica se tiene acceso a multímetros de diferentes características, los cuales sirven para medir la resistencia del conductor, sin embargo resultaría muy largo y tedioso realizar pruebas a cada uno de los pares que conforma un cable.

Existen equipos que realizan mediciones de resistencia, en conjunto con otras pruebas, y a varios pares que conforman un cable a la vez (dependiendo del equipo pueden 25 , 50, 102 pares etc.) en un sola medición, como se muestra en el Anexo C figuras 3.7.9.10.11.

A través del siguiente esquema se puede obtener medidas de resistencia del conductor, y con el programa Visual Basic se puede visualizar en la computadora.

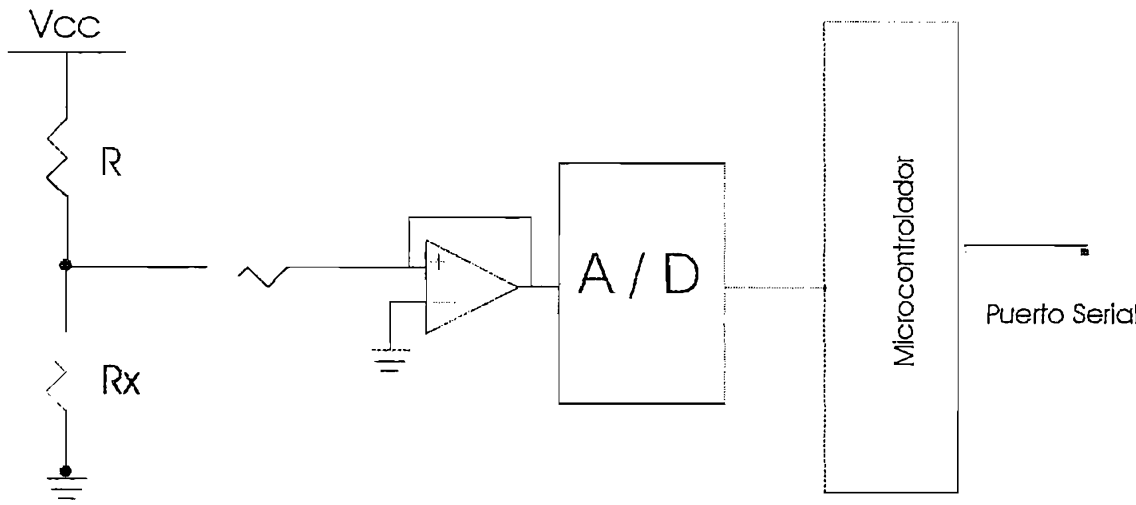


Figura 5.1.2 : Esquema circuito para medir resistencia del conductor.

La resistencia Rx representa el conductor, el valor de voltaje del divisor de corriente pasa al conversor A/D para que este dato por medio del programa en el microcontrolador se traduzca a valores de resistencia y luego transmitidos a través del puerto serial y mostrados a través del programa Visual Basic.

5.1.3 CAPACITANCIA MUTUA

Antes de ser probado el cable, debe ser preparado, de la siguiente manera: se debe retirar la chaqueta, y la pantalla, quedando en ambos terminales del cable, expuesto 600mm de núcleo.

Luego se retira el aislamiento, aproximadamente de 1 a 3 pulgadas (24 a 75 mm) de cada terminal de los pares del cable .

Todos los conductores deben ser juntados y puestos a tierra para disipar cualquier carga estática que tenga acumulada.

La capacitancia mutua puede ser tomada :
De los pares individuales, o capacitancia mutua promedio del cable.

Si se realiza en pares individuales, las medidas serán tomadas para cables de 25 o menor número de pares.

Para cables mas grandes, las medidas individuales se realizan mediante un muestreo.

La capacitancia mutua promedio puede ser tomada, agrupando pares juntos (eléctricamente en circuitos paralelos), midiendo la capacitancia del grupo y dividiendo para el número de pares que conforman dicho grupo, para obtener la capacitancia mutua promedio de grupo.

Cuando se realice lecturas de grupo, éste no debe estar formado por menos de 25 pares.

Las lecturas deben realizarse a una temperatura de 23 ± 3° C.

Existen equipos como los que se muestran en el anexo C(figuras 3,7,9,10,11) que tienen la capacidad de realizar, la mediciones de capacitancia en conjunto con otras pruebas.

Con las lecturas anteriores se puede calcular la diferencia de capacitancia con la ecuación (3.2)

5.1.4 DESBALANCE DE CAPACITANCIA

5.1.4.1 Desbalance de Capacitancia Par a Par

La capacitancias involucradas en la definición de desbalance de capacitancia de par a par están ilustradas en la figura 5.1,donde a y b representa los dos conductores de un par y c y d representan los dos conductores de otro par.

Las capacitancias llamadas C_{ac}, C_{ad}, C_{bc}, y C_{bd} son las capacitancias directas entre conductores.

Las capacitancias C_{ag}, C_{bg}, C_{cg}, y C_{dg} son las capacitancias directas entre los conductores a, b, c y d respectivamente y todos los otros conductores en el cable son conectados a la pantalla y tierra.

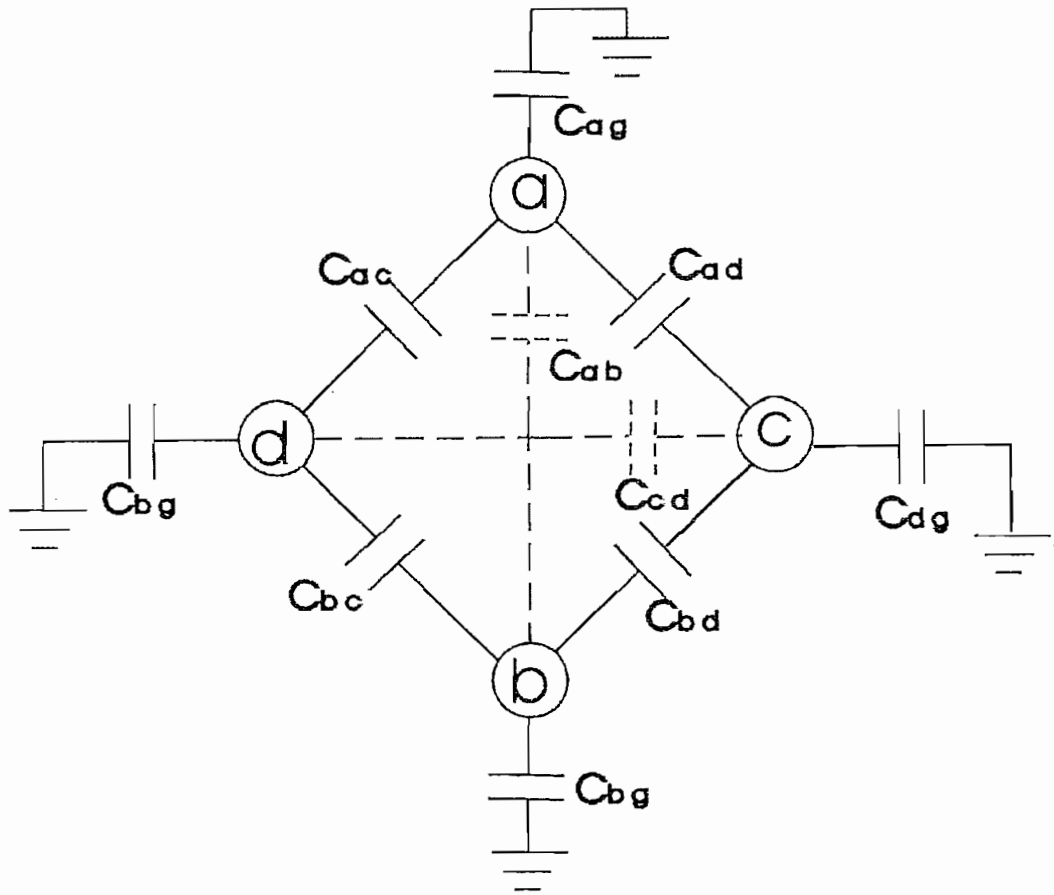


Figura 5.1.3 : Capacitancias del conductor

La mediciones de Desbalance de capacitancias de par a par se realizan a una frecuencia de 1000 ± 100 Hz usando un puente de Desbalance de capacitancia o equipos automáticos o semiautomáticos.

Cuando no se dispone de un puente de desbalance o un equipos automático el desbalance de capacitancia puede calcularse con la siguiente ecuación utilizando las medidas de capacitancias del conductor, obtenidas manualmente mediante un multímetro.

$$C_{upp} = (C_{ad} + C_{bc}) - (C_{ac} + C_{bd}) \quad \textbf{ec.(5.1)}^{5}$$

Se puede disponer de varios tipos de equipos, los cuales dentro de sus capacidades esta dar medidas de desbalance de capacitancia par a par como los mostrados en el anexo C(figuras 3,7,9,10,11).

5.1.4.2 Desbalance de Capacitancia Par a Tierra

Las capacitancias involucradas en el Desbalance de capacitancia se muestran en la figura 5.1.4 , donde a y b representan los dos conductores de un par. Las capacitancias C_{ag}, y C_{bg}, son las capacitancias directas entre conductores a y b respectivamente y la pantalla.
Las capacitancias C_{ap} y C_{bp} son las capacitancias entre conductores a y b respectivamente y todos los otros pares.

La mediciones de Desbalance de capacitancias de par a tierra se realizan a una frecuencia de 1000 ± 100 Hz usando un puente de Desbalance de capacitancia.

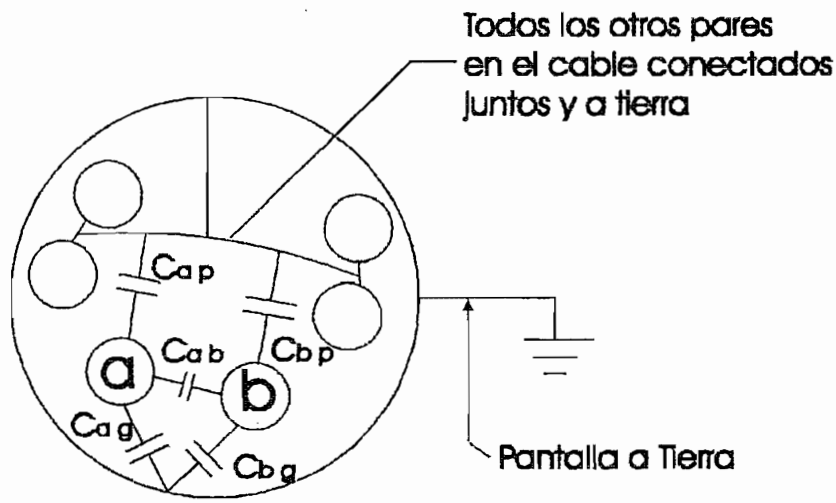


Figura 5.1.4 : Desbalance de Capacitancias par a tierra

5 Norma ASTM 4566-98, Standard Test Methods for Electrical Properties of Insulation and Jackets for Telecommunications Wire and Cable.

En el anexo C(Figuras 3,7,9,10,11) se muestran ejemplos de equipos que permiten tomar medidas de desbalance de capacitancia par a tierra de manera muy sencilla.

5.1.5 NEXT (CROSSTALK LOSS- NEAR END)

Antes de tomar las medidas se debe preparar al cable, primero despojar de la chaqueta y pantalla si tiene, de manera que quede descubierto una longitud de 600mm de núcleo.

Luego despojar de aislamiento a los conductores, una longitud de 25 a 75 mm , y conectar todos los conductores juntos a tierra, para disipar cualquier carga estática que pueda haber acumulado.

Para obtener medidas de NEXT entre pares, se requiere un generador de señal y un medidor de nivel. También existen equipos automáticos, como el mostrado en el anexos C figura 11.

5.1.6 FEXT (CROSSTALK LOSS- FAR END)

El cable debe ser preparado al igual que para medir el NEXT . Las medidas de salida a salida para cualquier grupo en un cable terminado, debe ser a la frecuencia especificada (± 1%) usando un generados de señal y un medidor de nivel .

De igual manera que para las demás pruebas existen equipos automáticos con los cuales se pueden realizar las mediciones, como el mostrado en el anexos C figura 11.

5.1.7 ATENUACION

El cable debe ser preparado al igual como se indico para medir NEXT.

Se requiere un generados de señal y un medidor de nivel o señal, pueden ser utilizados equipos automáticos como por ejemplo el, mostrado en el anexos C figura 11.

Las medidas de atenuación son correctas a 20 ° C(68° F). La corrección de temperatura se debe realizar con las siguientes ecuaciones:

$$\alpha_{20} = \alpha_T \ / \ [1 + 0.00200 \ (T - 20)] \quad \textbf{ec.(5.2)}^5$$

Donde:

α_T = Atenuación medida.

T = Temperatura, ° C.

α_T = Atenuación correcta a 20 ° C.

5.1.8 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

El cable debe ser preparado, antes de realizar la prueba , como se indica a continuación:

Primero despojar de la chaqueta y pantalla si tiene, de manera que quede descubierto una longitud de 600mm de núcleo.

Luego despojar de aislamiento a los conductores, una longitud de 25 a 75 mm , y conectar todos los conductores juntos a tierra, para disipar cualquier carga estática que pueda haber acumulado.

---

[5] Norma ASTM 4566-98, Standard Test Methods for Electrical Properties of Insulation and Jackets for Telecommunications Wire and Cable.

Cada medida se debe tomar con todos los otros conductores aislados y la pantalla a tierra . Las medidas deben ser realizadas bajo un voltaje dc aplicado por un minuto, entre 100 y 500 Voltios .

Las medidas de resistencia de aislamiento es correcto a 20 ° C . Las medidas deben ser realizadas con un Megómetro o MEGGER. Como el mostrado en el anexo C figura 6.

5.1.9 PRUEBA DE ALTO VOLTAJE

Esta prueba se realiza aplicando los voltajes descritos en el capitulo 3 sección 3.2.10.

El cable que se somete ala pruebe debe ser preparado de la siguiente manera: Remover 15 pulgadas (380 mm) de pantalla de cada terminal de la muestra.

Remover aproximadamente 8 pulgadas (205 mm) de la envoltura de núcleo de cada terminal de la muestra.

Los pares deben seleccionarse al azar , un mínimo de 3 pares y máximo el 10 % del número de pares que conforman el cable.

Se aplica el voltaje entre los conductores de cada par seleccionado. Se puede utilizar como el equipo mostrado en los anexos 5 el cual tiene un indicador que permite detectar fallas.

Para probar el núcleo con la pantalla, se aplica el voltaje entre el par seleccionado y la pantalla. Y de igual manera observar en el indicador del equipo como el mostrado en el anexos C figura 1.

5.1.10 PRUEBA DE PENETRACION DE AGUA

Cortar un espécimen de cable de un metro de longitud, y se debe cortar 0.5 pulgadas(13 mm), de pantalla de cada terminal. Es necesario, asegurar que el cable este libre de alguna compresión que restringa el flujo de agua.

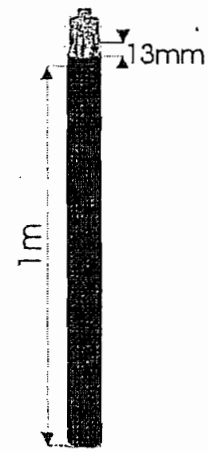


Figura 5.5: Medidas del espécimen

En un recipiente a cierta altura, con cierta cantidad de agua y conformado por unos agujeros por donde entre el terminal del cable y esté en contacto directo con el agua (el cable esta dispuesto en forma vertical), en el otro terminal se encuentra, un recipiente que recepta el agua que se acumula por el goteo de los cable fallidos.

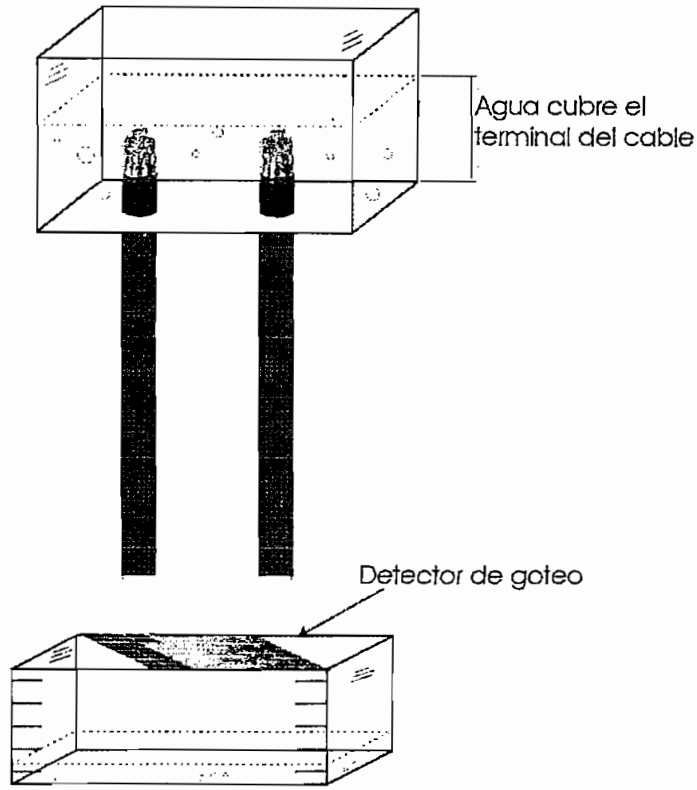


Figura Nº 5.6 : Disposición del cable para realizar la prueba

Se detecta falla en el cable si, el agua atraviesa el cable y al otro terminal existe la presencia de goteo.

Para ser aprobado un cable no debe, presentar flujo de agua a través del cable.

Esta prueba es muy sencilla y no requiere equipo sofisticado. Para facilitar la prueba se puede colocar sensores en el recipiente que recepta el flujo de agua de manera que al momento exista una gota el sensor detecte y mediante algún mecanismo(alarma, luz, etc.) se indique la presencia de goteo.

5.1.11 CERTIFICACION DE LOS EQUIPOS

El o los equipos que sean utilizados para la realización de todas las pruebas deben tener certificación de calibración, emitida por un laboratorio o centro acreditado internacionalmente.

En el país existe el Centro de Metrología de la Fuerza Terrestre, el cual esta acreditado internacionalmente y permitirá la calibración de algunos equipos, que constan en el folleto de presentación de dicho centro.

La calibración de los equipos, garantiza que las medidas obtenidas con los mismos, pueden ser aceptadas internacionalmente.

5.2 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL LABORATORIO

5.2.1 UBICACIÓN

Para el funcionamiento del laboratorio necesitaremos un lugar de preferencia dentro de la Escuela, y si por circunstancias no fuere posible se buscara un lugar en los alrededores, que cumpla con las características básicas que se requieren para la instalación del laboratorio.

La características básicas del local son : Debe estar ubicado en la planta baja ya que se requiere receptar carretos de cable de diámetros y pesos considerables, que ocupan gran espacio, y seria muy difícil trasladar a un laboratorio ubicado en pisos altos.

Por las características requeridas, el lugar que puede ser utilizado para el laboratorio, es el área ubicada en planta baja del edificio Química – Eléctrica, el cual actualmente es utilizado para laboratorio de Instrumentación, cabe señalar que, existe un espacio ocupado por elementos de la materia de Control de Procesos los cuales serán reubicados en un aula destinada específicamente para esa materia , dicho espacio podría ser utilizada para nuestros fines. Igualmente debemos observar que el espacio del laboratorio de instrumentación es mal distribuido los cual facilita, que a futuro se pueda compartir el espacio para una óptima utilización.

También se observa que existe una oficina que esta utilizada como bodega, la cual podría funcionar como Área de administración para el laboratorio.

En el plano Nº 1 se puede observar una posible distribución del laboratorio con todos sus componentes.

5.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL LABORATORIO

El laboratorio constara de los siguientes elementos:

5.2.2.1 Área de Pruebas

De los equipos mostrados para las diferentes pruebas, se van a escoger los siguientes:

- El equipo que realiza los pruebas de alto voltaje, corto circuito y circuito abierto: ACCU 029
- 1 Megómetro o MEGGER
- El equipo CMS-2PCX Cable Measuring System.

Con los cuales se cubren todas las pruebas necesarias. Por lo tanto en total tendremos la necesidad de espacio para los tres equipos.
El CMS-2PCX Cable Measuring System, requerirá un área aproximada de 4 m^2, y será apoyado directamente sobre el piso.

El equipo ACCU 029, y el megometro deberán ubicarse sobre una mesa de trabajo para su manipulación, ya que son equipos pequeños.

Los equipos deben estar distribuidos de manera que ocupen el menor espacio posible.

Los equipos de menor área deben estar ubicados sobre dos mesas de trabajo independientes, con sus respectivas sillas ideales para este tipo de funciones.

Se requerirá de un archivador pequeño para almacenar datos en general y un estante con gavetas para herramientas.

Posible ubicación de los equipos en el área antes señalada se puede observar en el plano Nº 1.

5.2.2.2 Área administrativa

El área administrativa, se utilizara para la recepción de cables y la emisión de resultados y entrega de cables después de realizadas las pruebas, así como de dar información a los interesados en el servicio.

Para almacenar y archivar los datos obtenidos en las pruebas se requiere los siguiente:

- Un computador completo (CPU, Monitor; Teclado, mouse, CD-Writer, etc.) con las características mas actuales par un buen funcionamiento.
- Estación de trabajo para computadora, sillón y sillas de atención al público.
- Un telefax.
- Un archivador para guardar los diferentes datos obtenidos.
- Un estante para colocar los libros, normas, manuales, etc. De utilización del laboratorio.

En el plano Nº 1, se observa la ubicación de la oficina que sería destinada para área administrativa.

5.2.2.3 Área de Recepción y Almacenamiento de cables

Se debe contar con un área de recepción de cables, los cuales esperaran hasta que se les realiza las pruebas, y de igual manera se necesitara un área, de almacenamiento para los cables que ya se les ha realizado las pruebas.

En el plano se indica el área que puede servir para la recepción y almacenamiento de cables.

5.2.2.4 Dispositivo de transportación interna

Debido a que los carretos son de volumen y pesos grandes se debe tener un dispositivo de transportación interna, es decir la transportación desde el parqueadero donde el cable es entregado hasta el laboratorio.

Por ejemplo puede ser utilizado un montacargas o una carretilla hidráulica.

A través de la tabla 5.2.2.4 se puede concluir que se necesitará un dispositivo de transportación interna de capacidad aproximada de 2000 kg.

Tabla 5.2.2.4 Peso máximo del cable terminado.

Tipo de Cable	Longitud estándar(m)	Peso Máximo del cable kg/km	Peso Kg / Longitud estandar
EKKX	100	1526.75	152.675
ELAL	500	3558.34	1779.17
ELAL-JF	500	3694.84	1847.42
ELALC-JF	500	3483.25	1741.625

Fuente: Catálogo CABLEC 1999

5.2.2.5 Divisiones entre las diferentes áreas

Para tener un orden físico en el laboratorio se debería realizar divisiones internas que permitan separar las diferentes áreas. Se puede observar en el plano Nº 1 donde sería necesario la, colocación de divisiones internas.

Para facilitar el acceso del dispositivo de transportación interna se recomienda la instalación de una puerta corrediza colgante.

5.2.2.6 Instalaciones Eléctricas

Se cuenta actualmente, con iluminación ya instalada, pero cabe señalar la necesidad de bajar las luminarias existentes en el área de pruebas a una altura igual que las otras luminarias instaladas en el laboratorio de instrumentación.

En tanto ya existen 4 tomacorrientes disponibles en el área escogida para la realización de las pruebas, no se requiere tomas especiales ya que los equipos únicamente requieren 110 V con tomas de tierra.

Es por esta razón que se a distribuido los equipos como se muestra en el plano N º 1 para tener fácil acceso a las tomas.

Ya que los equipos que requerimos son 3 las tomas existente son suficientes.

El área de administración, también consta con las instalaciones eléctricas necesarias para su funcionamiento.

5.3 REQUISITOS LEGALES PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL LABORATORIO

Para el buen funcionamiento del laboratorio además de contar con los equipos, se debe contar con un respaldo legal que garantice los resultados obtenidos, para que no puedan ser refutados o discutidos.

Para lo cual se debe cumplir con normas internacionales siguientes:

- ISO/IEC 17025:1999 Requisitos generales para la competencia de laboratorios de calibración y ensayo.
- ISO/IEC 9001: 1996 Sistemas de la calidad – Modelo para el aseguramiento de la calidad en diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio posventa.
- ISO/IEC 9002: 1997 Sistemas de la calidad – Modelo para el aseguramiento de la calidad, producción, instalación y servicio posventa.

Y las versiones 2000 de la normas 9000, que son:

- ISO/IEC 9004:2000: Terminología.
- ISO/IEC 9004: 2000: Sistema de Empresas.
- ISO/IEC 9004: 2000: Sistemas de Mejoramiento.

A continuación conoceremos algunos requisitos que las normas exigen para el funcionamiento de un sistema de calidad:

El laboratorio debe ser una entidad legal que pueda ser considerada legalmente responsable.

El laboratorio debe tener personal técnico y directivo con la autoridad y recursos necesarios para realizar sus tareas.

Debe contar con políticas y procedimientos, supervisión, dirección técnica, y se debe nombrar un miembro del personal como director.
Las políticas y procedimientos deben ser relacionados con : la selección y compra de servicios y suministros, solución de reclamos, acciones correctivas (cuando existan acciones fuera de los reglamentos), etc.
El laboratorio debe contar con un control de registros administrativos y técnicos. Debe realizar periódicamente auditorias internas.

También debe cumplir ciertos requisitos técnicos, que determinan la exactitud y confiabilidad de los resultados de las pruebas como son :

Personal: Se debe asegurar la competencia de los operadores de los equipos.
Instalaciones y condiciones ambientales: Las instalaciones deben facilitar el correcto desempeño de las mediciones.
Las condiciones ambientales no deben afectar a la calidad de cualquier medición.
Los datos obtenidos en las mediciones deben estar sujetos a controles apropiados.
Cuando se utilicen computadoras o equipo automatizado, para la captura, procesamiento, registro, reporte, almacenamiento o recuperación de datos, se debe garantizar que:

- El software desarrollado este documentado con detalle y sea validado.
- Se establezcan procedimientos para proteger los datos.

Los Equipos deben garantizar la correcta ejecución de las pruebas. El equipo y el software utilizados deben ser capaces de alcanzar exactitud requerida y cumplir con las especificaciones pertinentes.

5.4 PRESUPUESTO INICIAL APROXIMADO

El presupuesto para la implementación del laboratorio constará con todo lo necesario para iniciar el funcionamiento del laboratorio., además en los anexos se puede observar cotizaciones realizadas a la fecha.

Nota: Debido a la imposibilidad de obtener cotizaciones de los equipos para las pruebas de los cables se tomarán precios referenciales.

DESCRIPCION DE PRODUCTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL USD
ACCU 029	12000	12000
MEGOMETRO	6000	6000
CMS-2PCX CABLE MEASURING SYSTEM	200000	200000
DISPOSITIVO DE TRANSPORTACION INTERNA	283,11	283,11
TELEFAX	253	253
COMPUTADOR COMPLETO	1011,36	1011,36
MUEBLES Y DIVISIONES MODULARES	2432,27	2432,27
GASTOS VARIOS	1000	1000
COSTO TOTAL	**222979,74**	**222979,74**

5.5 ANALISIS ECONOMICO DEL SERVICIO QUE PRESTA EL LABORATORIO

A continuación realizaremos una análisis costo- beneficio, que representa el brindar el servicio de control de calidad de cables telefónicos en nuestro medio.

Existen tres empresas que prestan servicio telefónico en nuestro país que son : ANDINATEL, PACIFICTEL y ETAPA, las cuales han implementado gran variedad de servicios, explotando el par de cobre existente, por lo cual el cable debe tener un estricto control de calidad.

Se debe señalar que actualmente ANDINATEL realiza la extensión de redes telefónicas por medio de empresas tercerizadas, las cuales también compran el cable para el tendido de dichas redes.

Es decir nuestro mercado estaría bajo la demanda de cable que dichas empresas realice.

Se muestra los valores calculados con ayuda de una hoja electrónica.
El análisis empieza con los costos de inversión:

COSTOS DE INVERSION

INDICE	DESCRIPCION DE PRODUCTOS	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL USD
1	ACCU 029(Alto voltaje, continuidad)	1	12000	12000
2	MEGOMETRO(Resistencia aislamiento)	1	6000	6000
3	CMS-2PCX CABLE MEASURING SYSTEM	1	200000	200000
4	DISPOSITIVO DE TRANSPORTACION INTERNA	1	283,11	283,11
5	TELEFAX	1	253	253
6	COMPUTADOR COMPLETO	1	1011,36	1011,36
7	MUEBLES Y DIVISIONES MODULARES	1	2432,27	2432,27
8	GASTOS VARIOS		1000	1000
	COSTO TOTAL INVERSION		**222979,74**	**222979,74**

Para el análisis del recuperación tomaremos en cuenta el costo de depreciación de equipos, muebles, y los demás elementos utilizados en el laboratorio, considerando una recuperación de inversión anual. Para esto de toma en cuenta el interés bancario del 1.5 % mensuales vigente actualmente.

COSTOS DE DEPRECIACION DE LOS EQUIPOS

INDICE	DESCRIPCION DE PRODUCTOS	PRECIO TOTAL USD	INTERES BANCARIO ANUAL 18 %	DEPRECIACION MENSUAL
1	ACCU 029	12000	2160,00	180,00
2	MEGOMETRO	6000	1080,00	90,00
3	CMS-2PCX CABLE MEASURING SYSTEM	200000	36000,00	3000,00
4	DISPOSITIVO DE TRANSPORTACION INTERNA	283,11	50,96	4,25
5	TELEFAX	253	45,54	3,80
6	COMPUTADOR COMPLETO	1011,36	182,04	15,17
7	MUEBLES Y DIVISIONES MODULARES	2432,27	437,81	36,48
8	GASTOS VARIOS	1000	180,00	15,00
	COSTO TOTAL INVERSION		**40136,35**	**3344,70**

El **Costo de Inversión Mensual** es el valor que debe ingresar mensualmente por depreciación de los equipos, muebles, etc. tomando en cuenta el 18 % anual que es el interés bancario actual.

También debemos tomar en cuenta, la taza de rentabilidad, vigente por la Superintendencia de Compañías que es del 30% , sobre el valor anterior.

COSTOS DE FUNCIONAMIENTO

INDICE	DESCRIPCION DE PRODUCTOS	COSTO TOTAL ANUAL	COSTO DE INVERSION MENSUAL	UTILIDAD 30 %
1	ACCU 029	2160,00	180,00	54,00
2	MEGOMETRO	1080,00	90,00	27,00
3	CMS-2PCX CABLE MEASURING SYSTEM	36000,00	3000,00	900,00
4	DISPOSITIVO DE TRANSPORTACION INTERNA	50,96	4,25	1,28
5	TELEFAX	45,54	3,80	1,14
6	COMPUTADOR COMPLETO	182,00	15,17	4,55
7	MUEBLES Y DIVISIONES MODULARES	437,81	36,48	10,94
8	JUEGO DE HERRAMIENTAS	90,00	7,50	2,25
9	GASTOS VARIOS	90,00	7,50	2,25
10	RECURSO HUMANO	9600,00	800,00	
	COSTO TOTAL INVERSION	49736,31	4144,70	1243,41

El valor de producción mensual es el valor mínimo que se debe percibir mensualmente para recuperar el valor invertido por el lapso de un año y con una utilidad del 30 %.

PRODUCCION MENSUAL USD	5388,11

A continuación analizaremos, el costo del servicio, con una base mínima de demanda, la cual sería el cable proyectado a utilizar por ANDINATEL durante el año 2003.

INDICE	DESCRIPCION DE PRODUCTOS	CANTIDAD DE CABLE(m)*	CANTIDAD DE CABLE(km)*	PRECIO SERVICO /km POR TIPO CABLE	PRECIO TOTAL POR TIPO DE CABLE
1	CABLE DE ACOMETIDA	6039808	6039,808	7	42278,656
2	CABLE DE ACOMETIDA ENTORCHADO	216973	216,973	7	1518,811
3	CABLE DE CONEXIÓN/TIERRA(1 X 4 AWG)	675	0,675	7	4,725
4	CABLE DE CONEXIÓN/TIERRA(1 X 8 AWG)	315	0,315	7	2,205
5	CABLE DE DISPERSION INTERIOR	183693	183,693	7	1285,851
6	CABLE ENTORCHADO	874869	874,869	7	6124,083
7	CABLE TELEFONICO PLANO 4 HILOS	933	0,933	7	6,531
8	CABLE LISO 10X2X0,5 mm(EKKX)	0	0	3	0
9	CABLE LISO 100X2X0,5 mm(EKKX)	1960	1,96	30	58,8
10	CABLE AEREO DE 10 PARES X 0,4mm.	88204	88,204	5	441,02
11	CABLE AEREO DE 20 PARES X 0,4mm.	45617	45,617	10	456,17
12	CABLE AEREO DE 30 PARES X 0,4mm.	45167	45,167	15	677,505
13	CABLE AEREO DE 50 PARES X 0,4mm.	49617	49,617	25	1240,425
14	CABLE AEREO DE 70 PARES X 0,4mm.	15956	15,956	35	558,46
15	CABLE AEREO DE 100 PARES X 0,4mm.	32383	32,383	50	1619,15
16	CABLE AEREO DE 150 PARES X 0,4mm.	4033	4,033	75	302,475
17	CABLE AEREO DE 200 PARES X 0,4mm.	712	0,712	100	71,2
18	CABLE CANALIZADO DE 10 PARES X 0,4mm.	38112	38,112	3	114,336
19	CABLE CANALIZADO DE 20 PARES X 0,4mm.	30040	30,04	6	180,24
20	CABLE CANALIZADO DE 30 PARES X 0,4mm.	24975	24,975	9	224,775
21	CABLE CANALIZADO DE 50 PARES X 0,4mm.	27223	27,223	15	408,345
22	CABLE CANALIZADO DE 70 PARES X 0,4mm.	2925	2,925	21	61,425
23	CABLE CANALIZADO DE 100 PARES X 0,4mm.	23372	23,372	30	701,16
24	CABLE CANALIZADO DE 150 PARES X 0,4mm.	4384	4,384	45	197,28
25	CABLE CANALIZADO DE 200 PARES X 0,4mm.	3281	3,281	60	196,86
26	CABLE CANALIZADO DE 300 PARES X 0,4mm.	14272	14,272	90	1284,48
27	CABLE CANALIZADO DE 400 PARES X 0,4mm.	6933	6,933	120	831,96
28	CABLE CANALIZADO DE 600 PARES X 0,4mm.	9895	9,895	180	1781,1
29	CABLE CANALIZADO DE 900 PARES X 0,4mm.	2296	2,296	270	619,92
30	CABLE CANALIZADO DE 1200 PARES X 0,4mm.	3149	3,149	360	1133,64
31	CABLE CANALIZADO DE 1500 PARES X 0,4mm.	3560	3,56	450	1602
32	CABLE CANALIZADO DE 1800 PARES X 0,4mm.	2323	2,323	540	1254,42
	Suma total				67238,008

*DATOS OBTENIDOS ANDINATEL PROYECCION DE CABLE A UTILIZAR HASTA DICIEMBRE DEL 2003

TOTAL CABLE UTILIZADO (m)	7797655
TOTAL CABLE UTILIZADO (km)	7797,655
CABLE UTILIZADO PROMEDIO MENSUAL (km)	649,80458

Se ha tomado en cuenta que empresas colombianas cobran por servicio de pruebas de cables, en la red tendida 12 dólares por km.

Para cables telefónicos, multipares se ha tomado en cuenta el número de pares, que esta compuesto, multiplicando por el valor del km de servicio de un cable de numero de pares menor. Por ejemplo el servicio para un cable de 10 pares cuesta 3 dólares, entonces el valor para un cable de 20 pares se duplica es decir costará 6 dólares.

Se ha realizado un análisis de costo por servicio dependiendo del tipo de cable En la suma total de ingresos por realización de pruebas se tiene 67238,008 y dividido para 12 meses se tiene los siguiente: 5603,1673 dólares que es un valor superior al valor de ingreso mínimo por mes antes calculado.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La estructura de los cables telefónicos, es igual hasta la formación del núcleo, sobre éste vendrán los diferentes componentes que se requieren de acuerdo a la aplicación, por ejemplo : relleno, pantalla, etc.

- El aislamiento foam skin, permite que el cable en conjunto sea mas liviano y de menor diámetro, conserva las características eléctricas, lo que compensa el costo superior de fabricación en comparación con la aplicación de aislamiento sólido únicamente.

- Los procesos de fabricación, son iguales para cualquier tipo de cable, únicamente varía en, la aplicación de un componente diferente dependiendo del tipo de cable.

- El conductor telefónico, tiene control de calidad muy estricto, ya que en la actualidad no solo se transmite, voz sino también datos, esto gracias a las nuevas tecnologías que han permitido explotar el par de cobre, y lograr un servicio óptimo.

- El análisis de fabricación se puede aplicar a cualquier tipo de cable ya que, los cables que fueron analizados son los mas complejos de fabricar requiriendo un mayor número de pasos en el proceso. Por ejemplo el cable telefónico de abonado es muy sencillo ya que únicamente consiste del conductor aislado y por tanto solo tendrá que pasar hasta el proceso de aislamiento. De igual manera para la fabricación de otro tipo de cable que esta dentro de los telefónicos como por ejemplo el cable coaxial, lo que varían son los controles y las materias primas que deben cumplir otras características y acatar otras recomendaciones.

- Del diseño del laboratorio podemos decir que el lugar que se escogió es el mas apropiado por su ubicación y características especiales para el mismo.

- El precio del servicio para el control de calidad de cables telefónicos, se ha obtenido de acuerdo a un análisis económico con una proyección de recuperación de capital de 1 año, además se tomó en cuenta solo la adquisición de cables que realiza ANDINATEL, pues se debe contar también con que la adquisición de cables, que también realiza PACIFICTEL, ETAPA, y las empresas que realizan las redes telefónicas contratadas externamente por ANDINATEL. Es decir con el laboratorio se conseguirá un ingreso rentable, cabe señalar que este tipo de laboratorio seria único en el país y por tanto no existe competencia.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se espera que este proyecto ayude a las personas relacionadas con el área de las telecomunicaciones tanto estudiantes, profesores, etc. al conocer las normas bajo las cuales los cables telefónicos son fabricados y aceptados para su utilización.

- Las pruebas de control de calidad también se las debe realizar luego de tender el cable, para evitar fallas en las redes.

- Es recomendable siempre actualizarse, en las normas para presentar un producto excelente y que se pueda aplicar internacionalmente.

- Para los fabricantes, se recomienda utilizar nuevos equipos de fabricación con controles muy avanzados, que pueden unir varios pasos de producción, cuyos precios son altos, pero que al final es una buena

inversión ya que se facilitan los procesos, además de disminuir tiempo y mano de obra.

- Para evitar desperdicios del producto terminado por fabricación defectuosa, es decir que no pasan las pruebas de control de calidad, es recomendable que los controles, en cada uno de los procesos, sean minuciosos y documentados para corregir cualquier defecto que se presenten en los procesos iniciales con lo cual se vitará pérdida de materias primas y tiempo de producción.

- En el diseño del laboratorio se podría utilizar equipos no nuevos pero con la garantía de un laboratorio de calibración acreditado, lo que permite abaratar los costos de implementación.

- También para abaratar los costos del laboratorio, en lugar de escoger el equipo DCM Model CMS-2PCX Cable Measuring System, se podría escoger equipos pequeños, que realicen las pruebas por separado.

BIBLIOGRAFIA

ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, SECTION 2 , VOL. 02.03 Nonferrous metal products, 1998.

ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, SECTION 10 , VOL. 10.02 Electrical Insulation and electronics,2002.

ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, SECTION 10 , VOL. 10.01 Electrical Insulation and electronics,2002.

ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, SECTION 8 , VOL. 08.01 Plastics,2002.

ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, SECTION 8 , VOL. 08.02 Plastics,2002.

RURAL ELECTRIFICATION ADMINISTRATION, Specification for filled telephone cables, REA PE –39, 1981.

RURAL ELECTRIFICATION ADMINISTRATION, Specification for self-supporting cables, REA PE –38, 1989.

CABLEC, Catálogo de productos eléctricos y telefónicos, 1999.

ANDINATEL, Norma Técnica Provisional, Cables Telefónicos Multipares de Planta Externa, 2002.

CANDIA, Miguel. Planta externa, Cables Simétricos y coaxiales para telecomunicaciones. Chile. 1999.

http://www.hipotronics.com/

http://www.dcmindustries.com/applications.htm

ANEXO A

TABLAS DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTOS Y MATERIAS PRIMAS

TABLA Nº 1.- COLORES PARA IDENTIFICACIÓN DE PARES:

PAR	COLOR	
Nº	*Extremo*	*Anillo*
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	Amarillo	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: Norma REA PE- 39

TABLA Nº 2: CÓDIGO DE COLORES DE BINDERS PARA DENTIFICACIÓN DE UNIDADES

Grupo Nº	*Color de Banda*	*Cuenta grupo de pares*
1	Blanco-Azul	1-25
2	Blanco-Naranja	26-50
3	Blanco-Verde	51-75
4	Blanco-Marrón	76-100
5	Blanco-Gris	101-125
6	Rojo-Azul	126-150
7	Rojo -Naranja	151-175
8	Rojo -Verde	176-200
9	Rojo -Marrón	201-225
10	Rojo -Gris	226-250
11	Negro-Azul	251-275
12	Negro -Naranja	276-300
13	Negro -Verde	301-325
14	Negro -Marrón	326-350
15	Negro -Gris	351-375
16	Amarillo-Azul	376-400
17	Amarillo -Naranja	401-425
18	Amarillo -Verde	426-450
19	Amarillo -Marrón	451-475
20	Amarillo -Gris	476-500
21	Violeta-Azul	501-525
22	Violeta -Naranja	526-550
23	Violeta -Verde	551-575
24	Violeta -Marrón	576-600

Fuente: Norma REA PE- 39

TABLA 3 :COLORES DE LA CINTAS BINDERS DE LAS SÚPER-UNIDADES

Número de pares	**Color del Binder**
Blanco Rojo Negro Amarillo Violeta	1-600 601-1200 1201-1800 1801-2400 2401-3000

Fuente: Norma REA PE- 39

TABLA Nº 4: POSIBLE DISPOSICION DE CAPAS PARA FORMACION DEL NUCLEO , PARA GRUPOS DE MAS DE 25 PARES, SIN PARES DE RESERVA

TAMAÑO	CENTRO			PRIMERA CAPA			SEGUNDA CAPA		
Pares en Cable	Pares en unidad	Color Binder	Cuenta Pares	Pares en unidad	Color Binder	Cuenta Pares	Pares en unidad	Color Binder	Cuenta Pares
50	8	Blanco-Azul	1-8	9	Blanco-Azul	9-17			
				8	Blanco-Azul	18-25			
				8	Blanco-Naranja	26-33			
				9	Blanco-Naranja	34-42			
				8	Blanco-Naranja	43-50			
75	12	Blanco-Azul	1-12	13	Blanco-Azul	13-25			
				12	Blanco-Naranja	26-37			
				13	Blanco-Naranja	38-50			
				12	Blanco-Verde	51-62			
				13	Blanco-Verde	63-75			
100	25	Blanco-Azul	1-25	12	Blanco-Naranja	26-37			
				13	Blanco-Naranja	38-50			
				12	Blanco-Verde	51-62			
				13	Blanco-Verde	63-75			
				12	Blanco-Marrón	76-87			
				13	Blanco- Marrón	88-100			
150	25	Blanco-Azul	1-25	25	Blanco-Naranja	26-50			
				25	Blanco-Verde	51-75			
				25	Blanco- Marrón	76-100			
				25	Blanco-Gris	101-125			
				25	Blanco- Azul	126-150			
200	8	Blanco-Azul	1-8	9	Blanco-Azul	9-17	25	Blanco-Verde	51-75
				8	Blanco-Azul	18-25	25	Blanco-Marrón	76-100
				8	Blanco-Naranja	26-33	25	Blanco-Gris	101-125
				9	Blanco-Naranja	34-42	25	Rojo-Azul	126-150
				8	Blanco-Naranja	43-50	25	Rojo-Naranja	151-175
							25	Rojo-Verde	176-200
300	25	Blanco-Azul	1-25	25	Blanco-Marrón	76-100			
				25	Blanco-Gris	101-125			
				25	Rojo-Azul	126-150			
				25	Rojo-Naranja	151-175			
				25	Rojo-Verde	176-200			
				25	Rojo-Marrón	201-225			
				25	Rojo-Gris	226-250			
				25	Negro-Azul	251-275			
				25	Negro-Naranja	276-300			
400	25	Blanco-Azul	1-25	25	Blanco-Naranja	26-50	25	Rojo-Naranja	151-175
				25	Blanco-Verde	51-75	25	Rojo-Verde	176-200
				25	Blanco- Marrón	76-100	25	Rojo-Marrón	201-225
				25	Blanco-Gris	101-125	25	Rojo-Gris	225-250
				25	Rojo-Azul	126-150	25	Negro-Azul	251-275
							25	Negro-Naranja	276-300
							25	Negro-Verde	301-325
							25	Negro-Marrón	326-350
							25	Negro-Gris	351-375
							25	Amarrillo-Azul	376-400

TABLA Nº 4: POSIBLE DISPOSICION DE CAPAS PARA FORMACION DEL NUCLEO , PARA GRUPOS DE MAS DE 25 PARES, SIN PARES DE RESERVA CONTINUACION

Pares en Cable	Capa	Pares en Súper-Unidades	Color de Binders Súper-Unidades	Cuenta de Par	Pares en Unidades	Color de Binders Unidades	Cuenta de Par
600	Centro	50	Blanco	1-50	25	Blanco-Azul	1-25
					25	Blanco-Naranja	26-50
		50	Blanco	51-100	25	Blanco-Verde	51-75
					25	Blanco-Marrón	76-100
		50	Blanco	101-150	25	Blanco-Gris	101-125
					25	Rojo-Azul	126-150
	Primera Capa	50	Blanco	151-200	25	Rojo-Naranja	151-175
					25	Rojo-Verde	176-200
		50	Blanco	201-250	25	Rojo-Marrón	201-225
					25	Rojo-Gris	226-250
		50	Blanco	251-300	25	Negro-Azul	251-275
					25	Negro-Naranja	276-300
		50	Blanco	301-350	25	Negro-Verde	301-325
					25	Negro-Marrón	326-350
		50	Blanco	351-400	25	Negro-Gris	351-375
					25	Amarrillo-Azul	376-400
		50	Blanco	401-450	25	Amarrillo-Naranja	401-425
					25	Amarrillo-Verde	426-450
		50	Blanco	451-500	25	Amarrillo-Marrón	451-475
					25	Amarrillo-Gris	476-500
		50	Blanco	501-550	25	Violeta-Azul	501-525
					25	Violeta -Naranja	526-550
		50	Blanco	551-600	25	Violeta -Verde	551-575
					25	Violeta -Marrón	576-600
900	Centro	50	Blanco	1-50	25	Blanco-Azul	1-25
					25	Blanco-Naranja	26-50
	Primera Capa	50	Blanco	51-100	25	Blanco-Verde	51-75
					25	Blanco-Marrón	76-100
		50	Blanco	101-150	25	Blanco-Gris	101-125
					25	Rojo-Azul	126-150
		50	Blanco	151-200	25	Rojo-Naranja	151-175
					25	Rojo-Verde	176-200
		50	Blanco	201-250	25	Rojo-Marrón	201-225
					25	Rojo-Gris	226-250
		50	Blanco	251-300	25	Negro-Azul	251-275
					25	Negro-Naranja	276-300
		50	Blanco	301-350	25	Negro-Verde	301-325
					25	Negro-Marrón	326-350
	Segunda Capa	50	Blanco	351-400	25	Negro-Gris	351-375
					25	Amarrillo-Azul	376-400
		50	Blanco	401-450	25	Amarrillo-Naranja	401-425
					25	Amarrillo-Verde	426-450
		50	Blanco	451-500	25	Amarrillo-Marrón	451-475
					25	Amarrillo-Gris	476-500
		50	Blanco	501-550	25	Violeta-Azul	501-525
					25	Violeta -Naranja	526-550
		50	Blanco	551-600	25	Violeta -Verde	551-575
					25	Violeta –Marrón	576-600
		50	Rojo	601-650	25	Blanco-Azul	601-625
					25	Blanco-Naranja	626-650
		50	Rojo	651-700	25	Blanco-Verde	651-675
					25	Blanco-Marrón	676-700
		50	Rojo	701-750	25	Blanco-Gris	701-725
					25	Rojo-Azul	726-750
		50	Rojo	751-800	25	Rojo-Naranja	751-775
					25	Rojo-Verde	776-800
		50	Rojo	801-850	25	Rojo-Marrón	801-825
					25	Rojo-Gris	826-850
		50	Rojo	851-900	25	Negro-Azul	851-875
					25	Negro-Naranja	876-900

TABLA Nº 5 :CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 20 º C DEL CABLE TELEFÓNICO MULTIPAR PARA INTERIORES.

RESISTENCIA CC DEL BUCLE		
MEDIA	(ohmios/Km)	180
MAXIMO INDIVIDUAL	(ohmios/Km)	194
DESEQUILIBRIO DE RESISTENCIA		
MEDIO	(%)	2
MAXIMO INDIVIDUAL	(%)	5
CAPACIDAD MUTUA A 800 Hz		
MEDIO	(nF/Km)	87±4
MAXIMO INDIVIDUAL	(nF/Km)	100
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		
MINIMO	(MEGA-ohmios/Km)	500
RIGIDEZ ELECTRICA		
ENTRE CONDUCTORES	(V/3 seg)	750
ATENUACION MEDIA A 800Hz	(dB/Km)	1.33

Fuente: Catálogo CABLEC.

TABLA Nº 6 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 20º C DEL CABLE RELLENO CON GELATINA DE PETRÓLEO

		DIAMETRO DEL CONDUCTOR mm.				
		0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
RESISTENCIA CC DEL BUCLE						
MEDIA	(ohmios/Km)	280	179	124	91	70
MAXIMO INDIVIDUAL	(ohmios/Km)	302	190	131	95	30
DESEQUILIBRIO DE RESISTENCIA						
MEDIO	(%)	2	2	2	2	2
MAXIMO INDIVIDUAL	(%)	5	5	5	5	5
CAPACIDAD MUTUA A 800 Hz						
MEDIO	(nF/Km)	52±4	52±4	52±4	52±4	52±4
MAXIMO INDIVIDUAL	(nF/Km)	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5
DESEQUILIB RIO DE CAPACIDAD						
PAR-PAR MEDIO A 1 KHz(RMS)	(pF/Km)	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3
PAR-TIERRA MAX. INDIVIDUAL	(pF/Km)	2625	2625	2625	2625	2625
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO						
MINIMO	(MEGA-ohmios/Km)	16000	16000	16000	16000	16000
RIGIDEZ DIELECTRICA						
ENTRE CONDUCTORES	(V/3 seg)	2000	3000	3500	3800	4000
ENTRE NUCLEO Y CUBIERTA	(V/3 seg)	10000	10000	10000	10000	10000
ATENUACION MEDIA A 800Hz	(dB/Km)	1.66	1.33	1.11	0.97	0.85
ATENUACION MEDIA A 150 KHz	(dB/Km)	11.4	7.88	6.51	5.57	4.83
DIAFONIA EXTREMO LEJANO A 150 KHz	(dB/Km)	68	68	68	68	68
DIAFONIA EXTREM O CERCAN O A 722 KHz	(dB/Km)	56	56	56	56	56

Fuente: Catálogo CABLEC.

TABLA N° 7 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 20 ° C EL CABLE AUTOSOPORTADO SECO.

		DIAMETRO DEL CONDUCTOR mm.				
		0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
RESISTENCIA CC DEL BUCLE						
MEDIA	(ohmios/Km)	280	179	124	91	70
MAXIMO INDIVIDUAL	(ohmios/Km)	302	190	131	95	30
DESEQUILIBRIO DE RESISTENCIA						
MEDIO	(%)	2	2	2	2	2
MAXIMO INDIVIDUAL	(%)	5	5	5	5	5
CAPACIDAD MUTUA A 800 Hz						
MEDIO	(nF/Km)	52±4	52±4	52±4	52±4	52±4
MAXIMO INDIVIDUAL	(nF/Km)	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5
DESEQUILIB RIO DE CAPACIDAD						
PAR-PAR MEDIO A 1 KHz(RMS)	(pF/Km)	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3
PAR-TIERRA MAX. INDIVIDUAL	(pF/Km)	2625	2625	2625	2625	2625
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO						
MINIMO	(MEGA-ohmios/Km)	16000	16000	16000	16000	16000
RIGIDEZ DIELECTRICA						
ENTRE CONDUCTORES	(V/3 seg)	2000	3000	3500	3800	4000
ENTRE NUCLEO Y CUBIERTA	(V/3 seg)	10000	10000	10000	10000	10000
ATENUACION MEDIA A 800Hz	(dB/Km)	1.66	1.33	1.11	0.97	0.85
ATENUACION MEDIA A 150 KHz	(dB/Km)	11.4	7.88	6.51	5.57	4.83
DIAFONIA EXTREMO LEJANO A 150 KHz	(dB/Km)	68	68	68	68	68
DIAFONIA EXTREM O CERCAN O A 722 KHz	(dB/Km)	56	56	56	56	56

Fuente: Catálogo CABLEC.

TABLA 8 : REQUERIMIENTOS DE TENSION

Diámetro		Área a 20º C			Elongación en 10 pulgadas (254mm) %min
Pulg.	mm.	cmils	$Pulg^2$	mm^2	
0.4600	11.684	211600	0.1662	107.0	35
0.4096	10.404	167800	0.1318	85.0	35
0.3648	9.266	133100	0.1045	67.4	35
0.3249	8.252	105600	0.08291	53.5	35
0.2893	7.384	83690	0.06573	42.4	30
0.2576	6.543	66360	0.05212	33.6	30
0.2294	8.827	52620	0.04133	26.7	30
0.2043	5.189	41740	0.03278	21.2	30
0.1819	4.620	33090	0.02599	16.8	30
0.1620	4.115	26240	0.02061	13.3	30
0.1443	3.665	20820	0.01635	10.5	30
0.1285	3.264	16510	0.01297	8.37	30
0.1144	2.906	13090	0.010208	6.63	30
0.1019	2.588	10380	0.008155	5.26	25
0.0907	2.304	8230	0.00646	4.17	25
0.0808	2.052	6530	0.00513	3.31	25
0.0720	1.829	5180	0.00407	2.63	25
0.0641	1.628	4110	0.00323	2.08	25
0.0571	1.450	3260	0.00256	1.65	25
0.0508	1.290	2580	0.00203	1.31	25
0.0453	1.151	2050	0.00161	1.04	25
0.0403	1.024	1620	0.00128	0.823	25
0.0359	0.912	1290	0.00101	0.654	25
0.0320	0.813	1020	0.000804	0.517	25
0.0285	0.724	812	0.000638	0.411	25
0.0253	0.643	640	0.000503	0.324	25
0.0226	0.574	511	0.000401	0.259	25
0.0201	0.511	404	0.000317	0.205	20
0.0179	0.455	320	0.000252	0.162	20
0.0159	0.404	253	0.000199	0.128	20
0.0142	0.361	202	0.000158	0.102	20
0.0126	0.320	159	0.000125	0.081	20
0.0113	0.287	128	0.000100	0.065	20
0.0100	0.254	100	0.0000785	0.051	15
0.0089	0.226	79.2	0.0000622	0.040	15
0.0080	0.203	64.0	0.0000503	0.032	15
0.0071	0.180	50.4	0.0000396	0.026	15
0.0063	0.160	39.7	0.0000312	0.020	15
0.0056	0.142	31.4	0.0000246	0.016	15
0.0050	0.127	25.0	0.0000196	0.013	15
0.0045	0.114	20.2	0.0000159	0.010	15
0.0040	0.102	16.0	0.0000126	0.0081	15
0.0035	0.089	12.2	0.00000962	0.0062	15
0.0031	0.079	9.61	0.00000755	0.0049	15

TABLA PP : CARACTERÍSTICAS DEL POLIPROPILENO PARA AISLAMIENTO FOAM SKIN

GRUPO	DESCRIPCION	CLASE	DESCRIPCION	GRADO	DESCRIPCION	Tasa nominal de flujo [A] Método de Prueba D1238 Condición 230/2.16 g/10min.	Densidad Máx. Método de prueba D 1505 o 792 Kg./m³	Fuerza de tensión [B] a rendimiento. Método de prueba D 638,mín., Mpa.	Modulo Flexible (1 % secante) Método de prueba D 790 Procedimiento A mín. [C],Mpa	*Impacto Izod* [E] Resistencia a 23° C Método de prueba D256 min. [F] J/m	Temperatura de Deflexión a una fuerza de 455 Kpa. Método de Prueba D 648, min. ° C
1	Homo-polímero	1	Propósito General	1	-	<0.3	910	27.5	1050	32	81
				2	-	>0,2-≤1.0	910	27.5	1000	27	81
				3	-	>1.0-≤3.0	910	27.5	1000	25	74
				4	-	>3.0-≤10	910	27.5	950	20	71
				5	-	>10-≤20	910	26	850	16	71
				6	-	>20-≤40	910	25	800	14	64
				7	-	>40-≤100	910	24	800	12	64
				8	-	>100-≤200	910	23	850	12	64
				9	-	>200	910	21	850	8	74
				0	otro						
		2	Nuclear	1	-	>1.0-≤3.0	915	33.5	1350	27	100
				2	-	>1.0-≤3.0	915	30.5	1150	27	90
				3	-	>3.0-≤10	915	30.5	1150	22	100
				4	-	>3.0-≤10	915	30.5	1150	21	90
				5	-	>10-≤30	915	30	1150	20	95
				6	-	>10-≤30	915	30	1150	16	85
				7	-	>30	915	28.5	1050	16	80
				0	otro						
		3	Alta Cristalinidad	1	-	<1.0	920	38	2000	21	100
				2	-	>1.0-≤5.0	920	36	1800	21	100
				3	-	>5.0-≤10	920	36	1600	21	100
				4	-	>10-≤20	920	33	1400	22	95
				5	-	>20-≤40	920	30	1300	24	90
				6	-	>40	920	26	1300	26	90
				0	otro						
		0	Otro	0	Otro						
2	Azar Copolímero	1	Propósito General	1	-	-	910	24	1000	30	78
				2	-	-	910	24	800	30	67
				3	-	-	910	22	700	30	67
				4	-	-	910	20	600	40	62
				5	-	-	910	17	500	45	62
				6	-	-	910	16	400	50	60
				7	-	-	910	15	350	50	60
				0	otro						
		2	Nuclear	1	-	-	915	26	475	35	87
				2	-	-	915	24	675	40	77
				3	-	-	915	22	575	40	73
				4	-	-	915	21	375	40	67
				0	otro						
		0	Otro	0	otro						
3	Copolímero u Impacto Modificado	1	Bajo Impacto	1	-	-	905	26	1000	10	80
				2	-	-	905	21	850	10	65
				3	-	-	905	23	850	30	70
				4	-	-	905	18	650	30	65
				5	-	-	905	17	450	30	60
				6	-	-	905	24	800	50	75
				7	-	-	905	22	750	50	70
				8	-	-	905	20	750	50	70
				9	-	-	905	10	650	50	65
				0	otro						
		2	Moderado Impacto	1	-	-	905	27	1000	60	85
				2	-	-	905	25	850	70	80
				3	-	-	905	23	850	70	75
				4	-	-	905	21	750	70	70
				5	-	-	905	19	550	70	70
				6	-	-	905	19	550	70	60
				7	-	-	905	22	700	90	75
				8	-	-	905	17	650	90	65
				9	-	-	905	15	550	90	60
				0	otro						
		3	Medio Impacto	1	-	-	905	25	1000	100	75
				2	-	-	905	23	900	120	70
				3	-	-	905	19	700	120	65
				4	-	-	905	17	500	120	60
				5	-	-	905	17	600	150	65
				6	-	-	905	25	850	200	70
				7	-	-	905	20	850	200	70
				8	-	-	905	20	700	200	70
				9	-	-	905	16	500	200	60
				0	otro						

		4	Alto Impacto	1	-	-	905	24	800	300	80
				2	-	-	905	21	800	300	75
				3	-	-	905	21	550	300	70
				4	-	-	905	17	500	300	65
				5	-	-	905	15	450	300	60
				6	-	-	905	10	500	400	65
				7	-	-	905	24	750	600	70
				8	-	-	905	20	700	600	65
				9	-	-	905	19	500	600	60
				0	otro						
		5	Nuclear	1	-	-	905	29	1000	10	77
				2	-	-	905	27	1300	30	95
				3	-	-	905	23	950	30	90
				4	-	-	905	21	850	30	85
				5	-	-	905	23	1050	50	85
				6	-	-	905	19	800	50	85
				7	-	-	905	26	1150	80	85
				8	-	-	905	22	850	80	80
				9	-	-	905	19	550	100	80
				0	otro						
		0	Otro	0	otro						

Fuente: Norma ASTM D 4101

TABLA B Requerimientos detallados de PP sin relleno y no reforzado

	Propiedad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Rendimiento [B], Fuerza de Tensión, Método de Prueba D 638 min., MPa [C]	Sin Especificar	5	10	15	20	25	30	35	40	Valor especificado [D]
2	Modulo flexible (1% secante)[E] Método de prueba D790, min., J/m [G]	Sin Especificar	100	250	500	750	1000	1250	1500	1750	Valor especificado [D]
3	Impacto Izod [F] Resistencia a 23° C Método de prueba D256 min. J/m [G]	Sin Especificar	10	50	100	200	300	400	500	700	Valor especificado [D]
4	Temperatura de Deflexión a una fuerza de 455 Kpa. [H] Método de Prueba D 648.min. ° C	Sin Especificar	50	60	70	80	90	100	110	120	Valor especificado [D]
5	Tasa de flujo Método de Prueba D1238 condición 230/2.16 g/10min.	Sin Especificar	≤0.3	>0,3-≤1.0	>1,0-≤3	>3,0-≤10	>10-≤20	>20-≤40	>40-≤100	> 100	Valor especificado [D]

Fuente: Norma ASTM D 4101

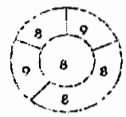
Tabla N° 9 : Características Eléctricas Polipropileno para Foam Skin

Constante Dieléctrica máx.	Método de Prueba D 1531 o D 150	2.3
Factor de disipación, máx	Método de Prueba D 1531	0.0005
Resistencia de Aislamiento, mín,Ω	Método de Prueba D 257	$1*10^{15}$
Estabilidad de Inmersión de agua	Método de Prueba D 1531 o D 150	Debe cumplir los requerimientos de constante dieléctrica y actor de disipación

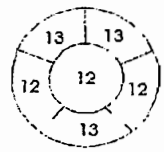
Fuente: Norma ASTM D 4101

GRAFICO I

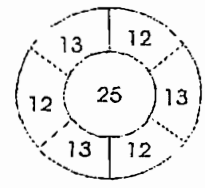
POSIBLE ARREGLO DE CAPAS PARA FORMACION DEL NUCLEO



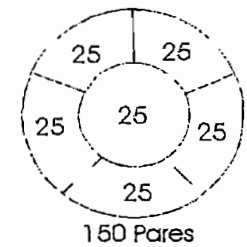
50 Pares



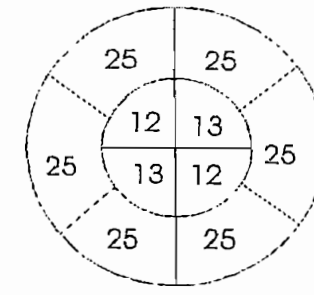
75 Pares



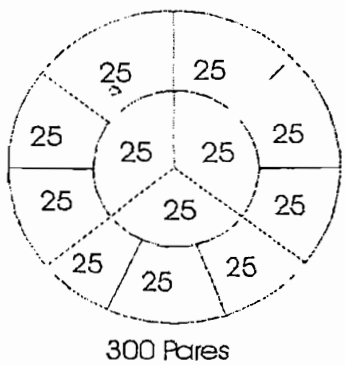
100 Pares



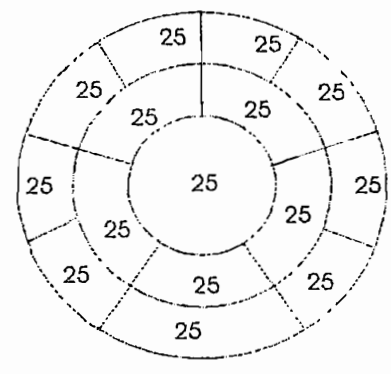
150 Pares



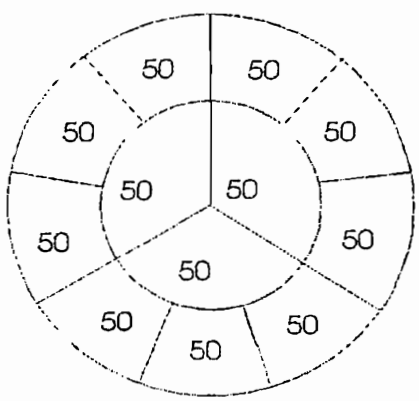
200 Pares



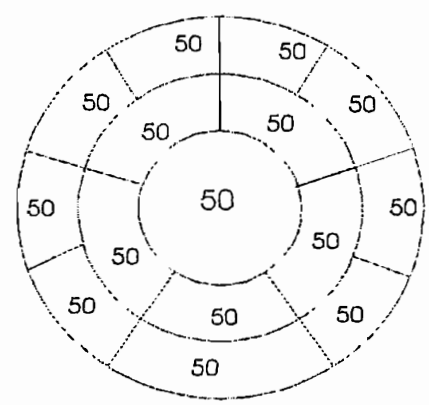
300 Pares



400 Pares



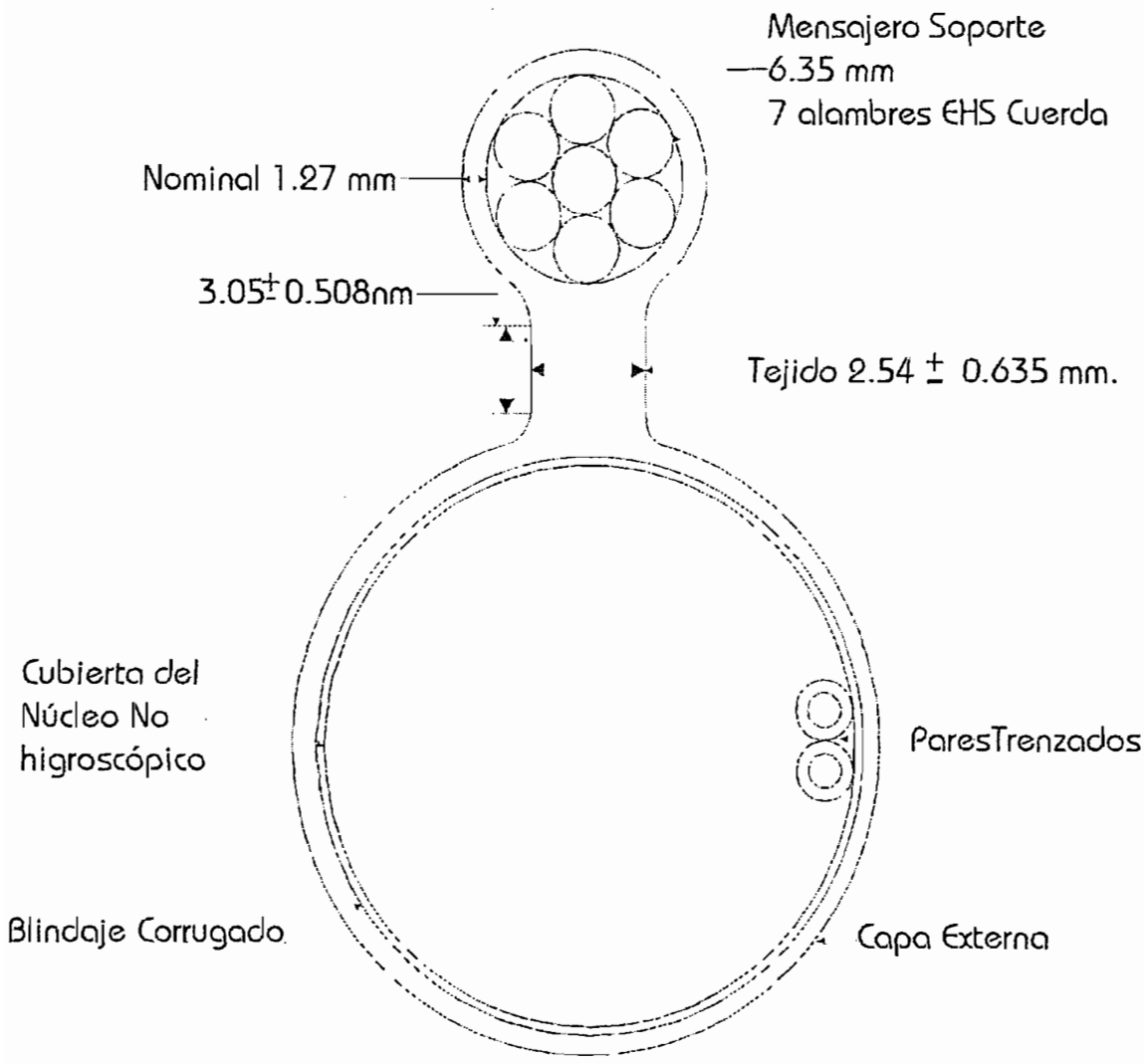
600 Pares



900 Pares

GRAFICO II

CABLE TELEFONICO AUTOSOPORTADO



ANEXOS B

PROCESOS DE PRODUCCION Y ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

PROCESOS DE FABRICACIÓN

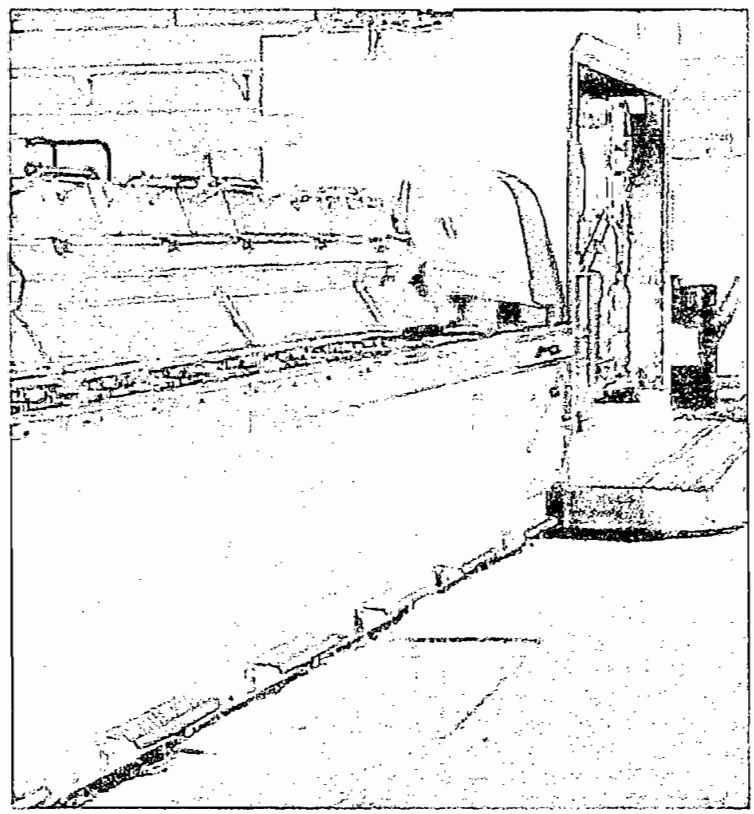


Figura 1. Línea de Trefilación

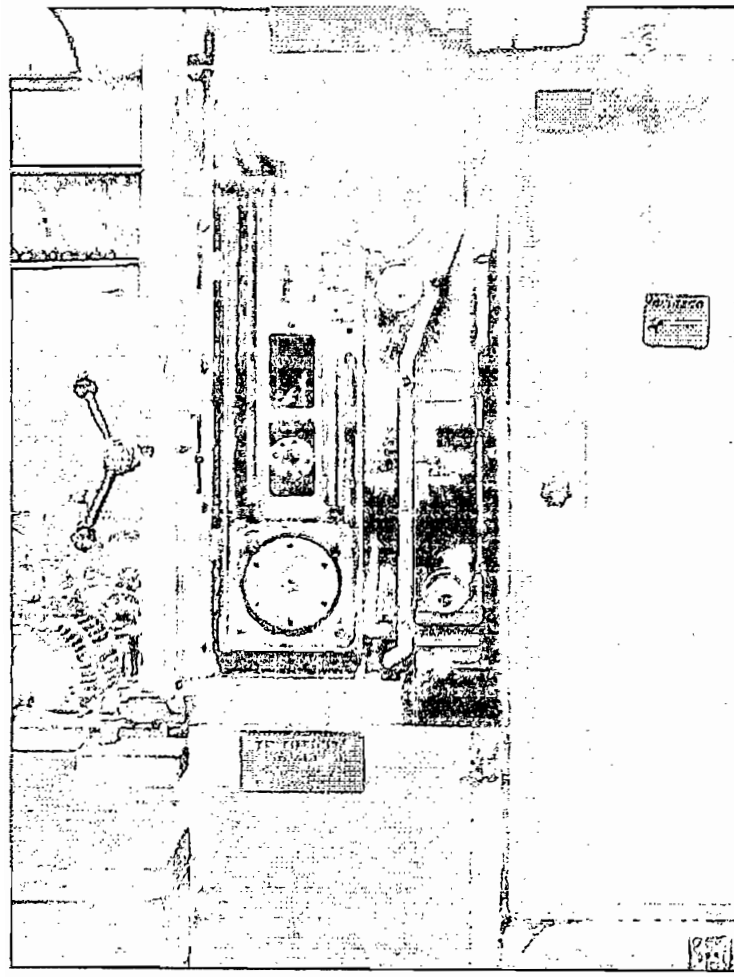


Figura 2. Torre de Recocido

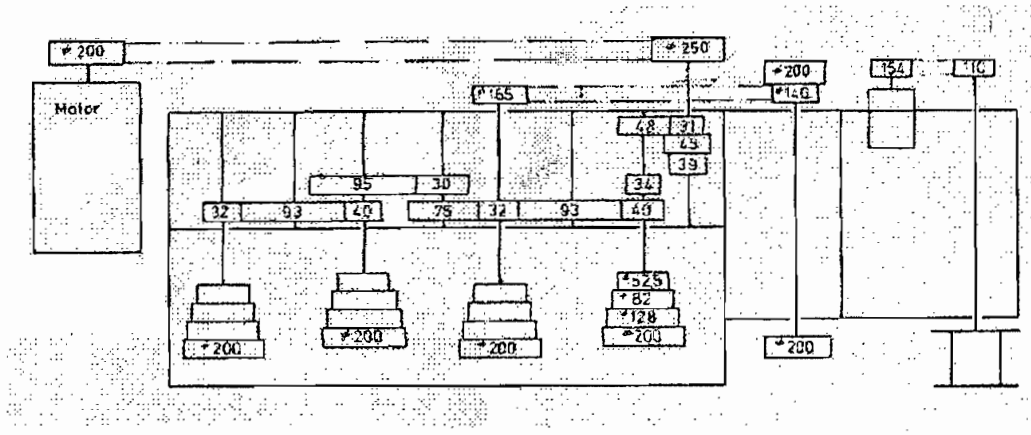


Figura 3. Distribución Cónica de Capstans

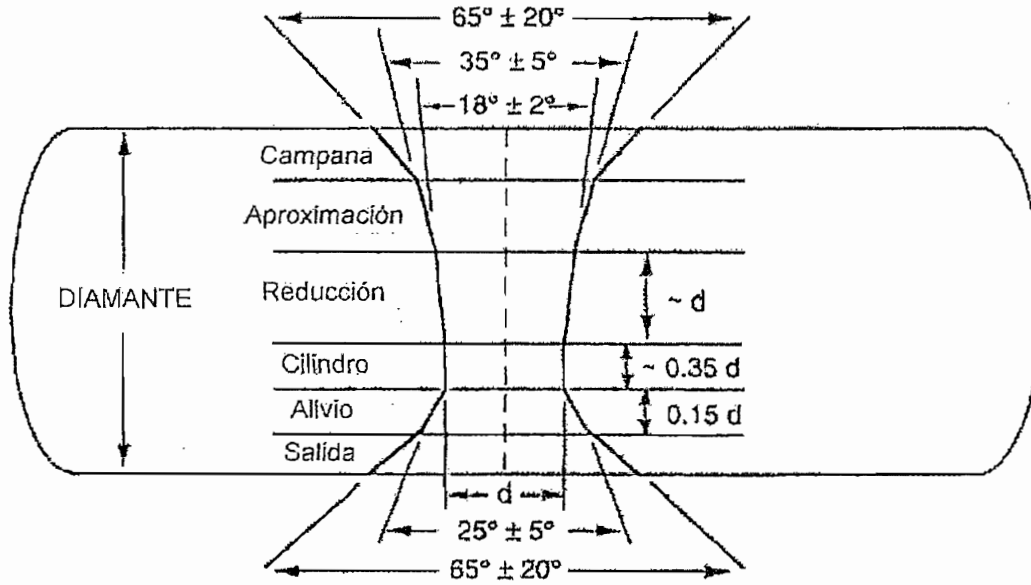


Figura 4. Geometría del Dado de Trefilación

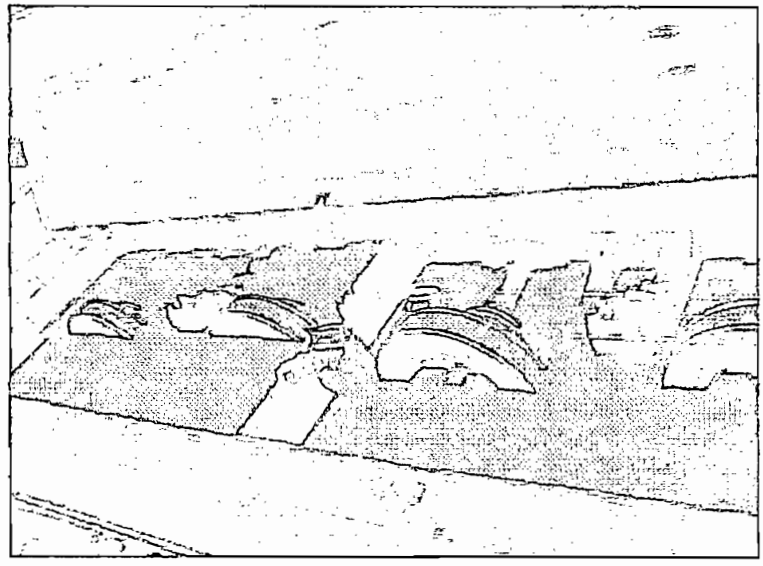


Figura 5 . Solución de Trefilación

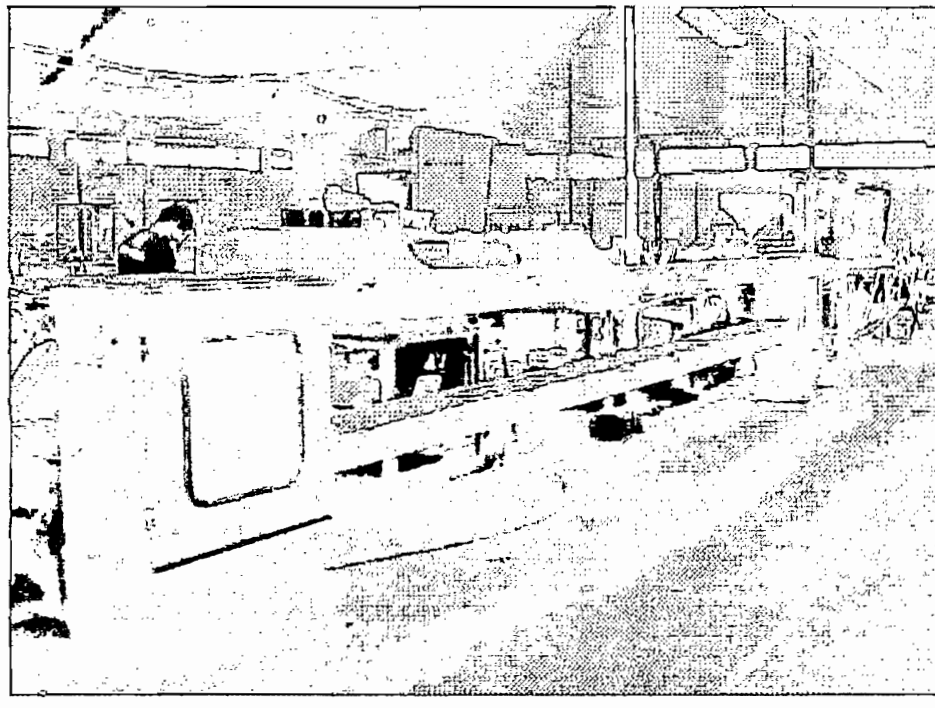


Figura 6. Línea de Extrusión

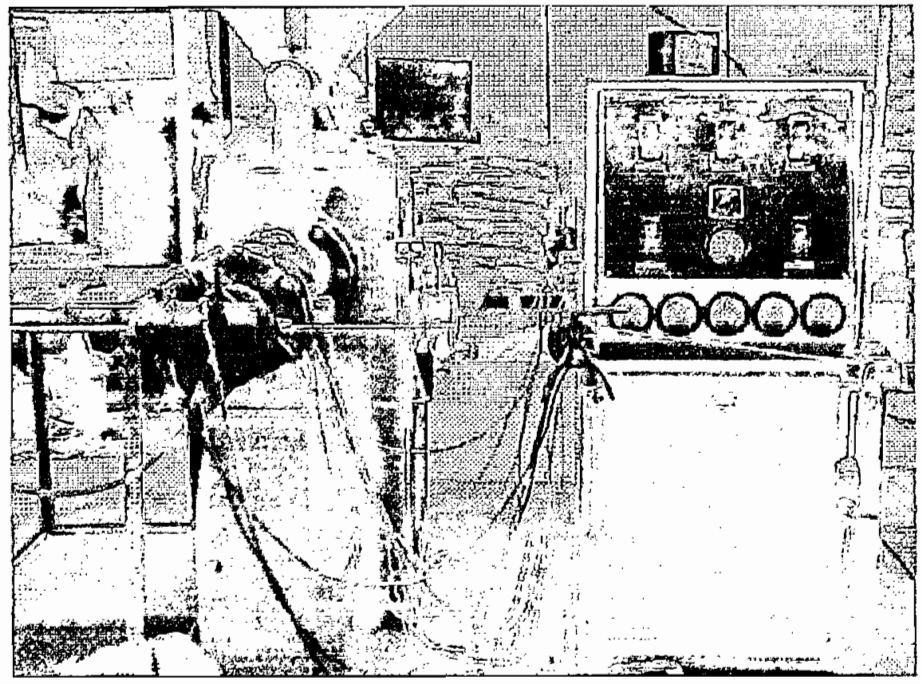


Figura 7. Extrusora

Figura 8. Tornillo de Extrusión

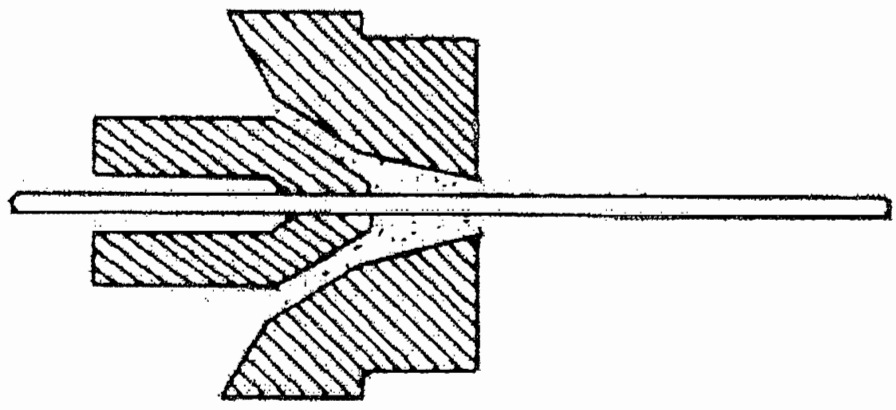


Figura 9. Extrusión a presión

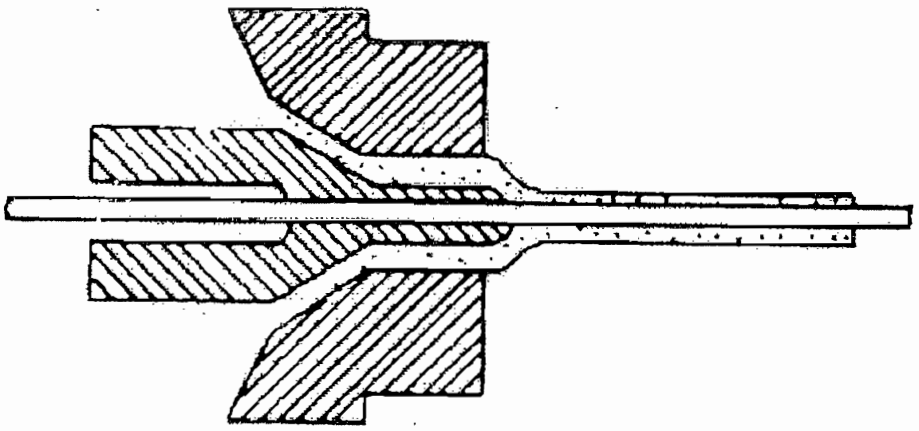


Figura 10. Extrusión tubular

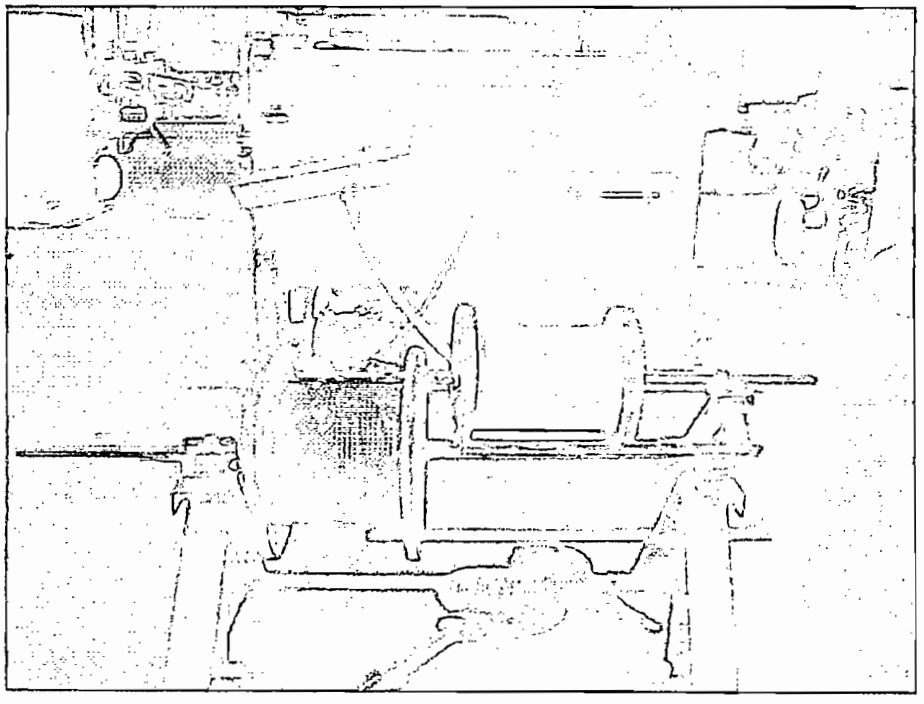


Figura 11. Pareadora

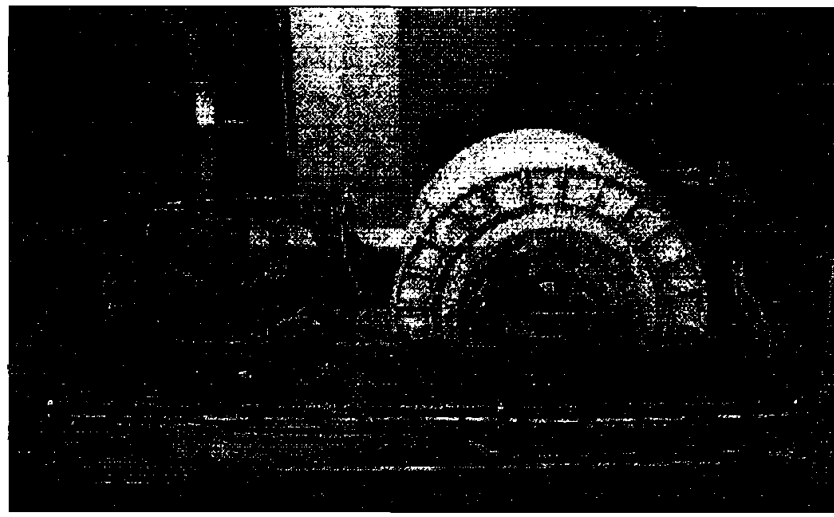


Figura 12. Pareadora(Otro ángulo)

TABLA Nº 1: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CABLE TELEFÓNICO MULTIPAR PARA INTERIORES

NUMERO DE PARES	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	ESPESOR DE AISLAMIENTO	ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO	PESO COBRE APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO	LONGITUD STANDARD
	mm	mm	mm	mm	Kg/Km	Kg/Km	mm
1+1/2	0.5	0.14	0.8	3.66	5.50	18.58	500
1	0.5	0.14	0.8	3.32	3.67	14.98	500
2	0.5	0.14	0.8	3.94	7.34	23.10	500
3	0.5	0.14	0.8	4.41	11.00	29.49	500
5	0.5	0.14	0.8	5.17	18.34	41.44	500
6	0.5	0.14	0.8	5.49	22.01	47.42	500
10	0.5	0.14	0.9	6.75	36.68	72.67	500
15	0.5	0.14	0.9	7.81	55.0	99.59	500
20	0.5	0.14	1.0	8.90	73.35	130.12	500
30	0.5	0.14	1.1	10.60	110.03	186.86	500
50	0.5	0.14	1.2	13.18	183.39	294.56	500
70	0.5	0.14	1.3	15.31	256.74	401.71	500
100	0.5	0.14	1.3	17.75	366.77	549.67	500
150	0.5	0.14	1.3	21.23	558.17	805.02	500
200	0.5	0.14	1.3	24.04	744.23	1,047.51	500
300	0.5	0.14	1.3	28.80	1,116.35	1,526.75	500

TABLA N° 2: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CABLE TELEFÓNICO SECO

NUMERO DE PARES	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	ESPESOR DE AISLAMIENTO	ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO NUCLEO APROXIMADO	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO	PESO COBRE APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO	LONGITUD STANDARD
	mm	mm	mm	mm	mm	Kg/Km	Kg/Km	mm
10	0.4	0.13	1.4	3.91	7.86	22.29	69.53	1000
20	0.4	0.13	1.4	5.52	9.47	44.58	105.11	1000
30	0.4	0.13	1.4	6.77	10.72	66.88	140.69	1000
50	0.4	0.13	1.4	8.74	12.68	111.46	205.87	1000
70	0.4	0.13	1.4	10.34	14.28	156.04	267022	500
100	0.4	0.13	1.4	2.42	16.36	227.38	364.27	500
150	0.4	0.13	1.4	5.23	19.18	342.18	519.19	500
200	0.4	0.13	1.4	7.56	21.51	454.75	666.20	500
300	0.4	0.13	1.6	21.50	25.85	682.13	974.85	500
10	0.5	0.15	1.4	5.82	8.82	34.68	90.16	1000
20	0.5	0.15	1.4	6.89	10.84	69.35	142.73	1000
30	0.5	0.15	1.4	8.44	12.39	104.03	192.91	1000
50	0.5	0.15	1.4	10.90	14.84	173.38	291.14	1000
70	0.5	0.15	1.4	2.89	16.84	242.73	385.15	500
100	0.5	0.15	1.4	15.49	19.43	353.70	530.24	500
150	0.5	0.15	1.4	19.00	22.95	532.28	764.33	500
200	0.5	0.15	1.6	21.9	26.25	707.39	10003.67	500
300	0.5	0.15	1.9	26.82	31.77	1451.02	1451.02	500
10	0.6	0.18	1.4	5.85	9.80	49.93	114.13	1000
20	0.6	0.18	1.4	8.27	12.22	99.87	187.00	1000
30	0.6	0.18	1.4	10.13	14.08	149.80	257.44	1000
50	0.6	0.18	1.4	3.07	17.02	249.67	392.98	1000
70	0.6	0.18	1.4	15.47	19.42	349.54	523.93	500
100	0.6	0.18	1.4	18.58	22.53	509.32	729.96	500
150	0.6	0.18	1.6	22.80	27.14	766.48	1073.90	500
200	0.6	0.18	1.6	26.28	30.63	1018.65	1393.64	500
300	0.6	0.18	1.9	32.19	37.13	1527.97	2060.09	500
10	0.7	0.21	1.4	6.82	0.76	67.84	141.12	1000
20	0.7	0.21	1.4	9.64	13.59	135.69	236.12	1000
30	0.7	0.21	1.4	11.80	15.75	203.53	331.06	1000
50	0.7	0.21	1.4	15.24	19.19	339.22	509.99	1000
70	0.7	0.21	1.4	18.03	21. 98	474.91	686.29	500
100	0.7	0.21	1.6	21.66	2 6.01	692.01	976.00	500
150	0.7	0.21	1.9	26.57	31.52	1041.41	1418.27	500
200	0.7	0.21	1.6	30.63	35.58	1384.03	1874.33	500
300	0.7	0.21	2.1	37.52	4 2.86	2076.04	2761.45	500
10	0.8	0.24	1.4	7.81	11.76	89.17	172.15	1000
20	0.8	0.24	1.4	11.05	15.00	178.33	295.99	1000
30	0.8	0.24	1.4	13.53	17.48	267.50	414.30	1000
50	0.8	0.24	1.4	17.47	21.42	445.84	646.85	1000
70	0.8	0.24	1.4	20.67	25.02	624.17	872.41	500
100	0.8	0.24	1.6	24.83	29.18	909.50	1248.88	500
150	0.8	0.24	1.9	30.46	35.41	1368.72	1852.28	500
200	0.8	0.24	2.1	35.12	40.47	1819.01	2415.04	500
300	0.8	0.24	2.3	43.01	48.76	2728.51	3558.34	500

TABLA Nº 3 : CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CABLE RELLENO DE GELATINA DE PETRÓLEO

NUMERO DE PARES	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	ESPESOR DE AISLAMIENTO	ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO NUCLEO APROXIMADO	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO	PESO COBRE APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO	LONGITUD STANDARD
	mm	mm	mm	mm	mm	Kg/Km	Kg/Km	mm
10	0.4	0.2	1.4	4.79	8.74	22.29	84.73	1000
20	0.4	0.2	1.4	6.77	10.72	44.58	133.06	1000
30	0.4	0.2	1.4	8.29	12.24	66.88	177.04	1000
50	0.4	0.2	1.4	10.70	14.65	111.46	262.93	1000
70	0.4	0.2	1.4	12.66	16.61	156.04	346.62	500
100	0.4	0.2	1.4	15.21	19.16	227.38	477.40	500
150	0.4	0.2	1.6	18.66	23.01	342.18	692.75	500
200	0.4	0.2	1.6	21.51	25.86	454.75	891.24	500
300	0.4	0.2	1.6	26.35	30.70	682.13	1286.05	500
10	0.5	0.24	1.4	5.97	9.92	34.68	111.56	1000
20	0.5	0.24	1.4	8.44	12.39	69.35	181.55	1000
30	0.5	0.24	1.4	10.34	14.29	104.03	249.08	1000
50	0.5	0.24	1.4	13.35	17.30	173.38	378.72	1000
70	0.5	0.24	1.4	15.80	19.74	242.73	506.06	500
100	0.5	0.24	1.6	18.97	23.32	353.70	716.18	500
150	0.5	0.24	1.6	23.28	27.63	532.28	1025.69	500
200	0.5	0.24	1.8	26.83	31.58	707.39	1345.09	500
300	0.5	0.24	1.8	32.86	37.61	1451.02	1948.66	500
10	0.6	0.29	1.4	7.16	11.11	49.93	142.9	1000
20	0.6	0.29	1.4	10.13	14.08	99.87	241.57	1000
30	0.6	0.29	1.4	12.41	16.36	149.80	334.86	1000
50	0.6	0.29	1.4	16.02	19.97	249.67	517.74	1000
70	0.6	0.29	1.6	18.96	23.30	349.54	708.95	500
100	0.6	0.29	1.6	22.77	27.12	509.32	988.34	500
150	0.6	0.29	1.6	27.93	32.68	766.48	1445.57	500
200	0.6	0.29	1.8	32.20	36.95	1018.65	1876.08	500
300	0.6	0.29	1.9	39.44	44.39	1527.97	2750.68	500
10	0.7	0.33	1.4	8.35	12.30	67.84	178.60	1000
20	0.7	0.33	1.4	11.81	15.76	135.69	309.95	1000
30	0.7	0.33	1.4	14.46	18.41	203.53	433.22	1000
50	0.7	0.33	1.4	18.67	23.02	339.22	689.01	1000
70	0.7	0.33	1.4	22.09	26.44	474.91	92.61	500
100	0.7	0.33	1.6	26.54	30.89	692.01	1304.96	500
150	0.7	0.33	1.9	32.56	37.31	1041.41	1912.97	500
200	0.7	0.33	1.6	37.53	42.48	1384.03	2506.51	500
300	0.7	0.33	2.1	45.97	51.32	2076.04	3694.84	500
10	0.8	0.39	1.4	9.57	13.52	89.17	220.12	1000
20	0.8	0.39	1.4	13.54	17.49	178.33	387.03	1000
30	0.8	0.39	1.4	16.58	20.53	267.50	548.07	1000
50	0.8	0.39	1.4	21.414	25.76	445.84	877.63	1000
70	0.8	0.39	1.4	25.33	29.68	624.17	1188.58	500
100	0.8	0.39	1.6	30.43	35.15	909.50	1695.98	500
150	0.8	0.39	1.9	37.33	42.27	1368.72	2480.24	500
200	0.8	0.39	2.1	43.03	47.98	1819.01	3233.10	500
300	0.8	0.39	2.3	52.70	58.05	2728.51	4781.85	500

TABLA Nº 4: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CABLE AUTOSOPORTADO CON RELLENO DE PETRÓLEO

NUMERO DE PARES	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	ESPESOR DE AISLAMIENTO	CONSTRUCCION MENSAJERO		ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO NUCLEO APROX.	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO		PESO COBRE APROX.	PESO ACERO APROX.	PESO TOTAL APROX.	LONG. STANDARD
			# HILOS	DIAMETRO			EXTERIOR	MENSAJERO				
	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Kg/Km		Kg/Km	mm
10	0.4	0.2	7	1.26	1.4	4.79	8.74	6.58	22.29	69.26	183.42	1000
20	0.4	0.2	7	1.26	1.4	6.77	10.72	6.58	44.58	69.26	231.75	1000
30	0.4	0.2	7	1.26	1.4	8.29	12.24	6.58	66.88	69.26	275.74	1000
50	0.4	0.2	7	1.26	1.4	10.70	14.65	6.58	111.46	69.26	361.62	1000
70	0.4	0.2	7	2.12	1.4	12.66	16.61	9.16	156.04	196.08	594.64	500
100	0.4	0.2	7	2.12	1.4	15.21	19.16	9.16	227.38	196.08	713.43	500
150	0.4	0.2	7	2.12	1.6	18.66	23.01	9.16	342.18	196.08	934.23	500
200	0.4	0.2	7	2.12	1.6	21.51	25.86	9.16	454.75	196.08	1132.73	500
10	0.5	0.24	7	1.26	1.4	5.97	9.92	6.58	34.68	69.26	210.25	1000
20	0.5	0.24	7	1.26	1.4	8.44	12.39	6.58	69.35	69.26	280.25	1000
30	0.5	0.24	7	1.26	1.4	10.34	14.29	6.58	104.03	69.26	347.78	1000
50	0.5	0.24	7	1.26	1.4	13.35	17.30	6.58	173.38	69.26	477.42	1000
70	0.5	0.24	7	2.12	1.4	15.80	19.74	9.16	242.73	196.08	742.09	500
100	0.5	0.24	7	2.12	1.6	18.97	23.32	9.16	353.70	196.08	957.66	500
150	0.5	0.24	7	2.12	1.6	23.28	27.63	9.16	532.28	196.08	1267.18	500
200	0.5	0.24	7	2.12	1.8	26.83	31.58	9.16	707.39	196.08	1592.27	500
10	0.6	0.29	7	1.26	1.4	7.16	11.11	6.58	49.93	69.26	241.68	1000
20	0.6	0.29	7	1.26	1.4	10.13	14.08	6.58	99.87	69.26	340.26	1000
30	0.6	0.29	7	1.26	1.4	12.41	16.36	6.58	149.80	69.26	43.57	1000
50	0.6	0.29	7	1.26	1.4	16.02	19.97	6.58	249.67	69.26	753.77	1000
70	0.6	0.29	7	2.12	1.6	18.96	23.30	9.16	349.54	196.08	950.43	500
100	0.6	0.29	7	2.12	1.6	22.77	27.12	9.16	509.32	196.08	1229.83	500
150	0.6	0.29	7	2.12	1.8	27.93	32.68	9.16	766.48	196.08	1692.75	500
200	0.6	0.29	7	2.12	1.8	32.20	36.95	9.16	1018.65	196.08	2123.27	500
10	0.7	0.33	7	1.26	1.4	8.35	12.30	6.58	67.84	69.26	277.29	1000
20	0.7	0.33	7	1.26	1.4	11.81	15.76	6.58	135.69	69.26	408.65	1000
30	0.7	0.33	7	1.26	1.4	14.46	18.41	9.16	203.53	196.08	669.25	1000
50	0.7	0.33	7	1.26	1.6	18.67	23.02	9.16	339.22	196.08	930.49	1000
70	0.7	0.33	7	2.12	1.6	22.09	26.44	9.16	474.91	196.08	1171.10	500
100	0.7	0.33	7	2.12	1.6	26.54	30.89	9.16	692.01	196.08	1546.46	500
150	0.7	0.33	7	2.12	1.8	32.56	37.31	9.16	1041.41	196.08	2160.17	500
200	0.7	0.33	7	2.12	1.9	37.53	42.48	9.16	1384.03	196.08	2756.64	500
10	0.8	0.38	7	1.26	1.4	9.57	13.52	6.58	89.17	69.26	318.81	1000
20	0.8	0.38	7	1.26	1.4	13.54	17.49	6.58	178.33	69.26	623.05	1000
30	0.8	0.38	7	1.26	1.4	16.58	20.53	9.16	267.50	196.08/	784.05	1000
50	0.8	0.38	7	1.26	1.6	21.414	25.76	9.16	445.84	196.08	1119.12	1000
70	0.8	0.38	7	2.12	1.6	25.33	29.68	9.16	624.17	196.08	1430.08	500
100	0.8	0.38	7	2.12	1.8	30.43	35.15	9.16	909.50	196.08	1943.17	500
150	0.8	0.38	7	2.12	1.9	37.33	42.27	9.16	1368.72	196.08	2730.37	500
200	0.8	0.38	7	2.12	1.9	43.03	47.98	9.16	1819.01	196.08	3483.25	500

TABLA Nº 5: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CABLE AUTOSOPORTADO SECO.

NUMERO DE PARES	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	ESPESOR DE AISLAMIENTO	CONSTRUCCION MENSAJERO		ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO NUCLEO APROX.	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO		PESO COBRE APROX.	PESO ACERO APROX.	PESO TOTAL APROX.	LONG. STANDARD
			# HILOS	DIAMETRO			EXTERIOR	MENSAJERO				
	mm	mm		mm	mm	mm	Mm	mm	Kg/Km	Kg/Km	Kg/Km	mm
	0.4	0.13	7	1.26	1.4	3.91	8.74	6.58	22.29	69.26	168.22	1000
20	0.4	0.13	7	1.26	1.4	5.52	10.72	6.58	44.58	69.26	203.80	1000
30	0.4	0.13	7	1.26	1.4	6.77	12.24	6.58	66.88	69.26	239.38	1000
50	0.4	0.13	7	1.26	1.4	8.74	14.65	6.58	111.46	69.26	304.57	1000
70	0.4	0.13	7	2.12	1.4	10.34	16.61	9.16	156.04	196.08	515.23	500
100	0.4	0.13	7	2.12	1.4	2.42	19.16	9.16	227.38	196.08	612.29	500
150	0.4	0.13	7	2.12	1.4	5.23	23.01	9.16	342.18	196.08	755.22	500
200	0.4	0.13	7	2.12	1.4	7.56	25.86	9.16	454.75	196.08	902.23	500
10	0.5	0.15	7	1.26	1.4	5.82	9.92	6.58	34.68	69.26	188.85	1000
20	0.5	0.15	7	1.26	1.4	6.89	12.39	6.58	69.35	69.26	242.42	1000
30	0.5	0.15	7	1.26	1.4	8.44	14.29	6.58	104.03	69.26	291.61	1000
50	0.5	0.15	7	1.26	1.4	10.90	17.30	6.58	173.38	69.26	389.84	1000
70	0.5	0.15	7	2.12	1.4	2.89	19.74	9.16	242.73	196.08	633.17	500
100	0.5	0.15	7	2.12	1.4	15.49	23.32	9.16	353.70	196.08	766.26	500
150	0.5	0.15	7	2.12	1.4	19.00	27.63	9.16	532.28	196.08	1000.36	500
200	0.5	0.15	7	2.12	1.6	21.9	31.58	9.16	707.39	196.08	1245.16	500
10	0.6	0.18	7	1.26	1.4	5.85	11.11	6.58	49.93	69.26	212.82	1000
20	0.6	0.18	7	1.26	1.4	8.27	14.08	6.58	99.87	69.26	285.69	1000
30	0.6	0.18	7	1.26	1.4	10.13	16.36	6.58	149.80	69.26	356.14	1000
50	0.6	0.18	7	1.26	1.4	3.07	19.97	6.58	249.67	69.26	491.68	1000
70	0.6	0.18	7	2.12	1.4	15.47	23.30	9.16	349.54	196.08	759.95	500
100	0.6	0.18	7	2.12	1.4	18.58	27.12	9.16	509.32	196.08	965.99	500
150	0.6	0.18	7	2.12	1.6	22.80	32.68	9.16	766.48	196.08	1315.39	500
200	0.6	0.18	7	2.12	1.6	26.28	36.95	9.16	1018.65	196.08	1635.14	500
10	0.7	0.21	7	1.26	1.4	6.82	12.30	6.58	67.84	69.26	239.81	1000
20	0.7	0.21	7	1.26	1.4	9.64	15.76	6.58	135.69	69.26	335.36	1000
30	0.7	0.21	7	1.26	1.4	11.80	18.41	9.16	203.53	196.08	579.08	1000
50	0.7	0.21	7	1.26	1.4	15.24	23.02	9.16	339.22	196.08	746.01	1000
70	0.7	0.21	7	2.12	1.4	18.03	26.44	9.16	474.91	196.08	922.32	500
100	0.7	0.21	7	2.12	1.6	21.66	30.89	9.16	692.01	196.08	1217.49	500
150	0.7	0.21	7	2.12	1.6	26.57	37.31	9.16	1041.41	196.08	1659.77	500
200	0.7	0.21	7	2.12	1.9	30.63	42.48	9.16	1384.03	196.08	2124.45	500
10	0.8	0.24	7	1.26	1.4	7.81	13.52	6.58	89.17	69.26	270.84	1000
20	0.8	0.24	7	1.26	1.4	11.05	17.49	6.58	178.33	69.26	394.69	1000
30	0.8	0.24	7	1.26	1.4	13.53	20.53	9.16	267.50	196.08	650.32	1000
50	0.8	0.24	7	1.26	1.4	17.47	25.76	9.16	445.84	196.08	882.88	1000
70	0.8	0.24	7	2.12	1.4	20.67	29.68	9.16	624.17	196.08	1108.44	500
100	0.8	0.24	7	2.12	1.6	24.83	35.15	9.16	909.50	196.08	1490.37	500
150	0.8	0.24	7	2.12	1.9	30.46	42.27	9.16	1368.72	196.08	2102.40	500
200	0.8	0.24	7	2.12	1.9	35.12	47.98	9.16	1819.01	196.08	2665.17	500

TABLA Nº 6: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL FOAM SKIN RELLENO DE GELATINA DE PETRÓLEO

NUMERO DE PARES	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	ESPESOR DE AISLAMIENTO	ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO NUCLEO APROXIMADO	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO	PESO COBRE APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO	LONGITUD STANDARD
	mm	mm	mm	mm	mm	Kg/Km	Kg/Km	mm
10	0.4	0.17	1.50	4.50	9.00	22.74	84.63	2000
20	0.4	0.17	1.50	6.30	10.80	45.48	130.12	2000
30	0.4	0.17	1.50	7.50	12.00	68.22	168.98	2000
50	0.4	0.17	1.50	9.70	14.20	113.70	248.24	2000
70	0.4	0.17	1.50	11.50	16.00	159.18	324.47	2000
100	0.4	0.17	1.50	13.70	18.20	227.40	435.77	1000
150	0.4	0.17	1.50	16.90	21.40	349.79	630.15	1000
200	0.4	0.17	1.80	19.50	24.60	464.85	834.80	1000
300	0.4	0.17	1.80	23.80	24.60	697.28	1197.95	500
400	0.4	0.17	1.90	27.50	28.90	929.71	1555.39	500
600	0.4	0.17	1.90	33.70	32.50	1394.56	2260.03	500
900	0.4	0.17	2.00	41.30	38.70	2091.84	3315.08	250
1200	0.4	0.17	2.30	47.70	46.50	2789.12	4395.97	250
300	0.5	0.21	1.90	29.70	34.70	1090.14	1791.51	250
400	0.5	0.21	1.90	34.30	39.70	1453.52	2320.14	250
600	0.5	0.21	2.03	42.10	47.60	2180.28	3406.76	250
900	0.5	0.21	2.30	51.50	57.60	3270.42	5043.76	250
400	0.6	0.28	2.30	44.80	50.90	2092.77	3512.96	250

ANEXOS C

EQUIPOS DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE CABLES TELEFONICOS

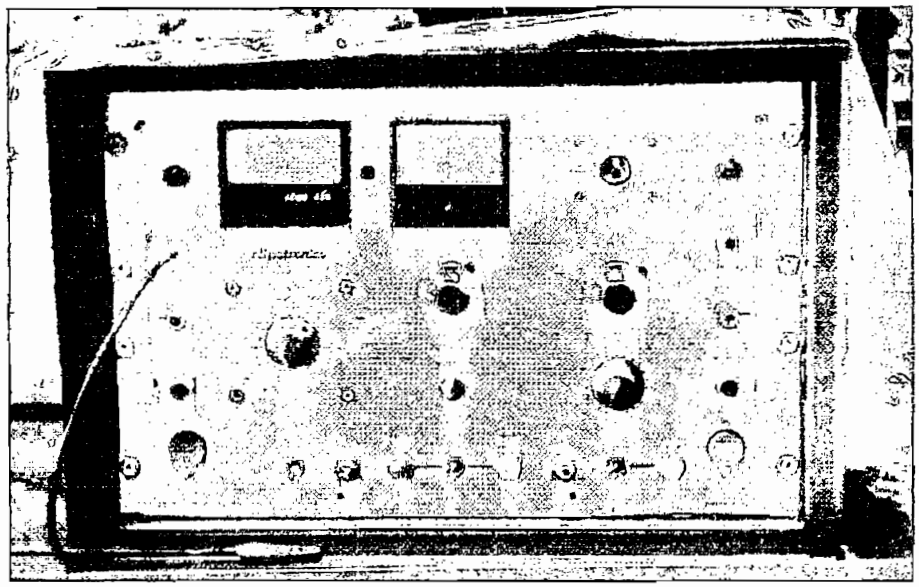


Figura 1: Equipo para realizar pruebas de :

- Alto Voltaje
- Corto Circuito
- Circuito Abierto.

MARCA :Hipotronics
MODELO : ACCU 029

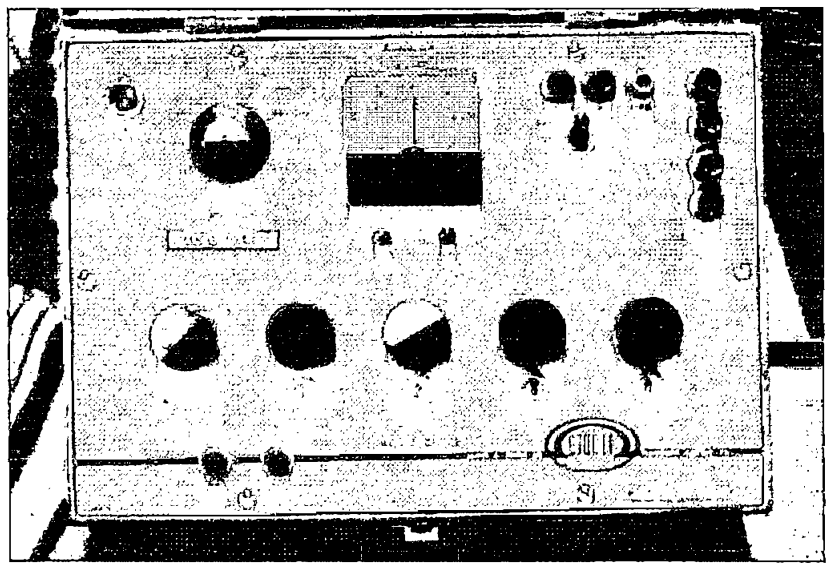


Figura 2: PUENTE DE KELVIN. Permite realizar mediciones de resistencia del conductor.

MARCA: Biddle

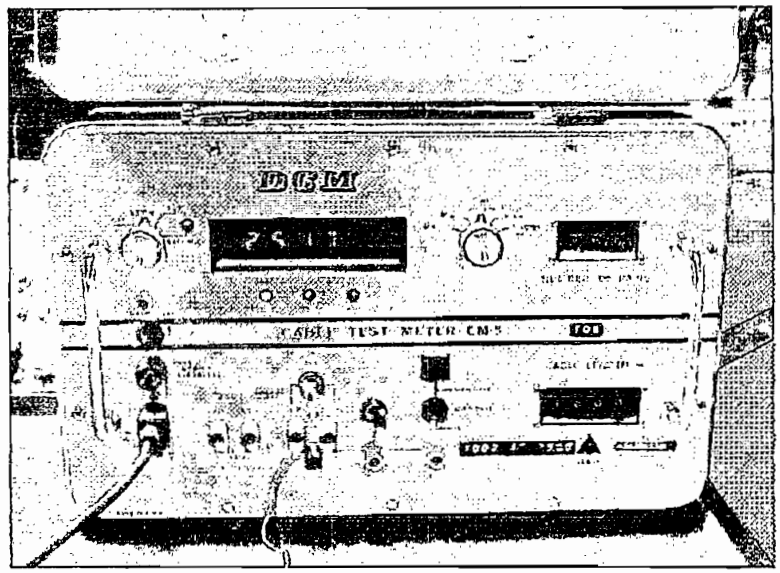


Figura 3: Equipo capaz de medir:

- Resistencia del conductor.
- Capacitancia Mutua.
- Desbalance de Capacitancia par a tierra.
- Desbalance de Capacitancia par a par.

MARCA : DCM
MODELO: CM-5-SI
SERIAL Nº 109
230V - 0.1 A – 60Hz

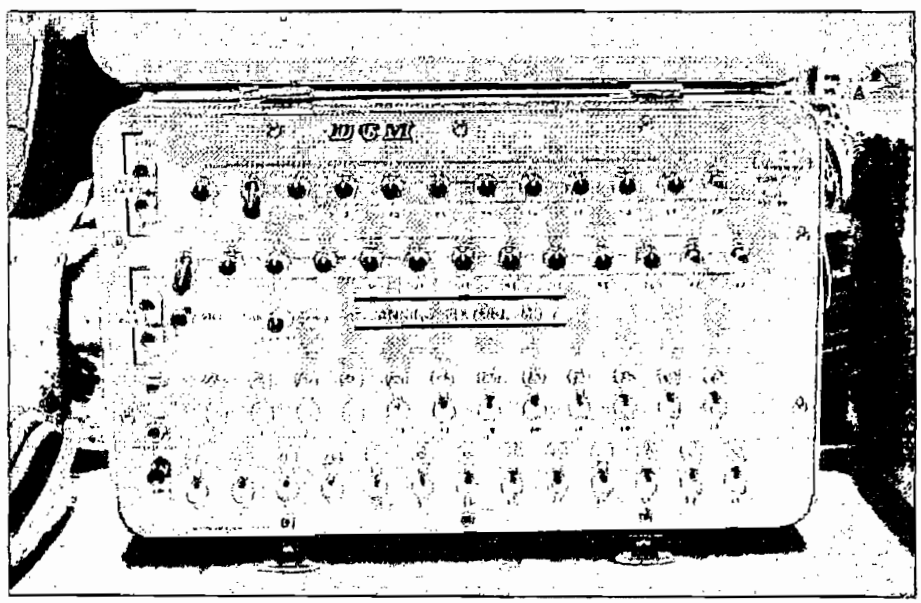


Figura 4: Equipo complementario al CM5 – SI en el cual se colocan 25 pares.

MARCA: DCM
MODELO: MS-2

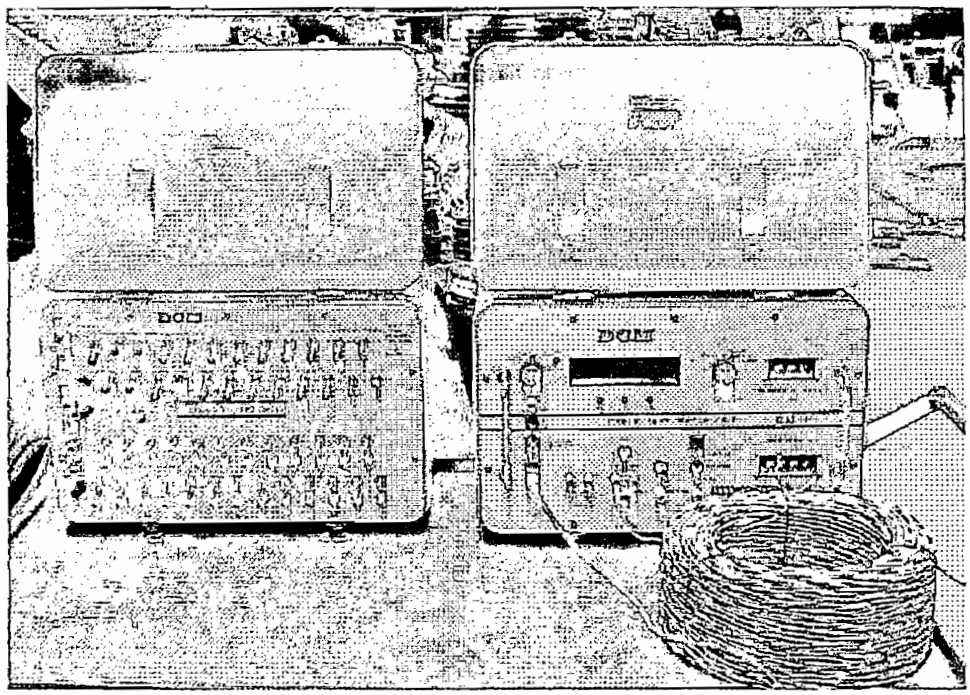


Figura 5 :Equipos conectados en conjunto

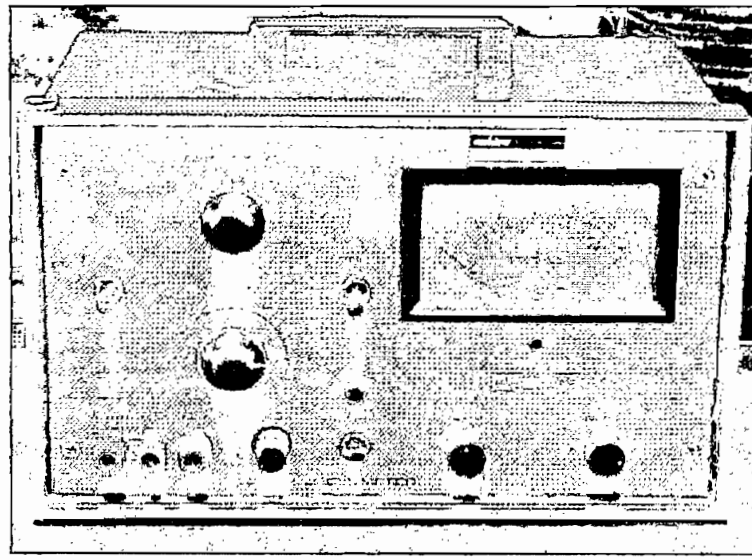


Figura 6 : Megómetro . Equipo medidor de Resistencia de Aislamiento.

MARCA: HIPOTRONICS

OTROS EQUIPOS:

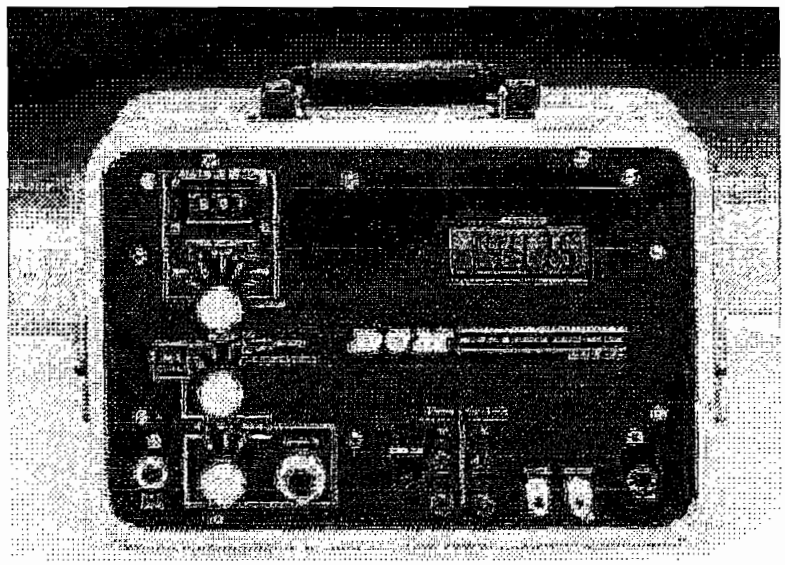


Figura 7 : Equipo portátil que mide los siguientes parámetros:

- Capacitancia Mutua
- Desbalance de Capacitancia para a par.
- Desbalance de Capacitancia para a tierra.
- Resistencia del conductor.
- Desbalance de resistencia.

MARCA :DCM
MODELO: C- 6 Transmission Parameter Test Set

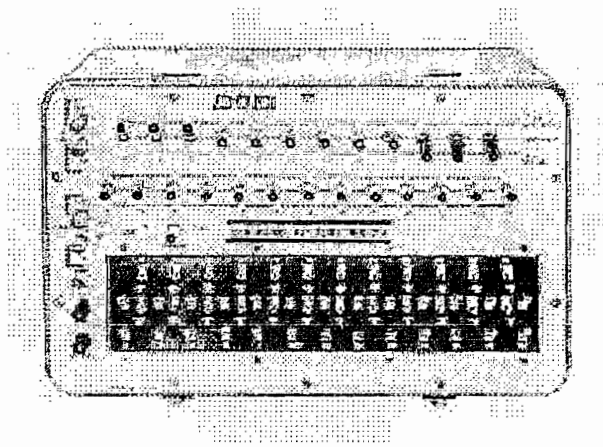


Figura 8 : Dispositivo que sirve para colocar los pares bajo prueba y se utiliza con el equipo DCM Modelo C-6.
Permite realizar las combinaciones entre pares, ya que funciona como switches

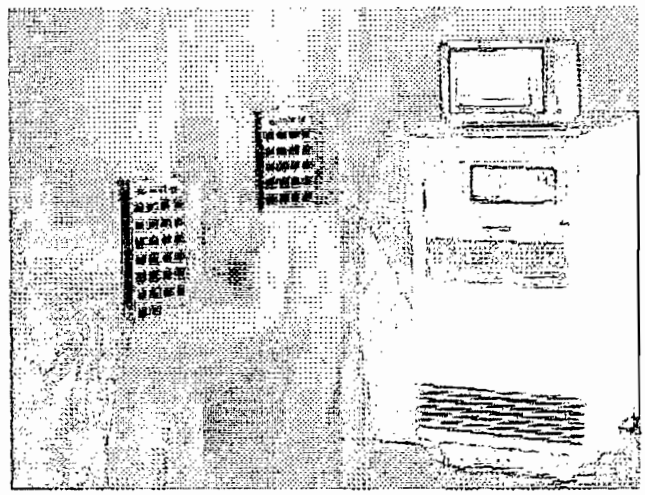


Figura 9 : Equipo automático de pruebas para cables telefónicos. Mide los siguientes parámetros :

- Resistencia de Conductor
- Resistencia de Lazo
- Desbalance de Resistencia
- Capacitancia Mutua
- Desbalance de Capacitancia par a par
- Desbalance de Capacitancia par a tierra

MARCA : DCM
MODELO : CMS-2LF Cable Measuring System

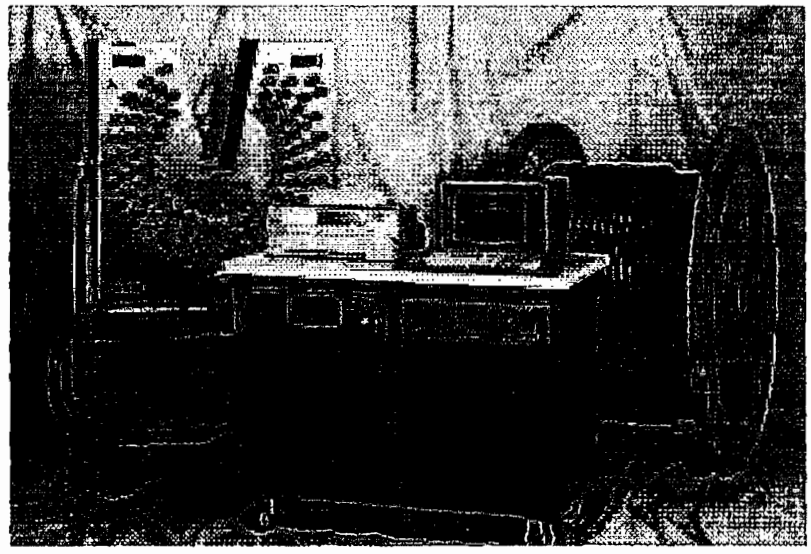


Figura 10 : Equipo Automático para pruebas de cables telefónicos con capacidad de hasta 102 pares. Mide los siguientes parámetros:

- Resistencia de Conductor
- Resistencia de Lazo
- Desbalance de Resistencia
- Capacitancia Mutua
- Desbalance de Capacitancia par a par
- Desbalance de Capacitancia par a tierra

MARCA : DCM
MODELO : CMS-2PC Cable Measuring System

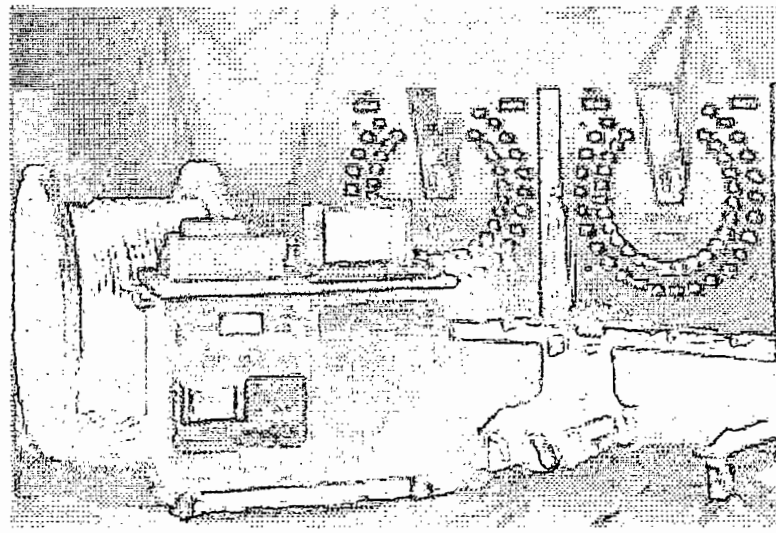


Figura 11 : Sistema automático de pruebas para cables telefónicos. Con capacidad de hasta 102 pares.
Puede medir los siguientes parámetros.

- Atenuación
- NEXT (20 MHz)
- FEXT (20 MHz)
- Impedancia Característica(10 MHz)
- Resistencia de Conductor
- Resistencia de Lazo
- Desbalance de Resistencia
- Capacitancia Mutua
- Desbalance de Capacitancia par a par
- Desbalance de Capacitancia par a tierra

MARCA: DCM
MODELO: CMS-2PCX Cable Measuring System