

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera



Análisis Físico - Químico en el Control
de Calidad de Cables Telefónicos

TESIS

Para Obtener el Título de
Ingeniero Químico

Pascual Navarro Minan

PROMOCION 83 - 11

Lima - Perú

1990

A mis Padres José y Juana
y mis hermanos: Rosa, Breni,
Ursula, José, carlos, lucho y
Neptalí.

con cariño a mi esposa Sara
e hija Jessica.

Mi Profundo reconocimiento a :

Gladys Infante Renteria

Luis Navarro Miñan y

Florencio Rodríguez por su colaboración
prestada en la realización de este trabajo y
a todas aquellas personas que de una u otra forma
contribuyeron en el mismo.

INDICE

PAG

I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 POLIETILENO	3
2.2 POLIETILENO SEGUN LA DENSIDAD	4
2.3 POLIETILENO UTILIZADO COMO CUBIERTA AISLAMIENTO DE CABLES TELEFONICOS	5
2.4 MATERIALES AISLANTES EMPLEADOS EN CABLES TELEFONICOS	13
2.4.1 Aislamiento Papel	13
2.4.2 Aislamientos de Celulosa	14
2.4.3 Aislamientos Especiales	19
2.4.4 Aislamientos Atomicos y/o con bobinas	25
2.5 CONTROL DE CALIDAD DE CABLES TELEFONICOS	26
2.5.1 Control de Calidad en la Materia Prima	26
2.5.2 Control de Calidad en el Proceso	28
2.5.3 Control de Calidad en el Producto Terminado	28
2.6 ENSAYOS REALIZADOS A LA MATERIA PRIMA	29
2.7 CLASIFICACION DE DEFECTOS	39
2.8 METODOS ESTADISTICOS EN EL CONTROL DE CALIDAD	48
III. MATERIALES Y METODOS	52
3.1 MATERIA PRIMA	52
3.2 MATERIALES EQUIPOS	52
3.3 TRABAJO EXPERIMENTAL	54

3.3.1	Determinación de las Características Físicas y Químicas de los Materiales: PE DGDJ-3364 NATURAL y PE DFDA-6059 LINEAL	54
3.3.1.1	Indice de Flujo (Melt Index)	54
3.3.1.2	Densidad	56
3.3.1.3	Fisuramiento Ambiental (Stress Cracking)	57
3.3.1.4	Esfuerzo de Tensión y Elongación	60
3.3.1.5	Envejecimiento Térmico	60
3.3.1.6	Resistencia a la Absorción de Humedad	61
3.3.1.7	Contenido de Carbono Negro	62
3.3.1.8	Resistencia a los Agentes Químicos	63
3.3.1.9	Resistencia a las Condiciones Aceleradas del Medio	64
3.3.2	EN ELIMINACIÓN ESPECTROSCÓPICA EN EL ANÁLISIS DE DEFECTOS DEL DADO TELEFÓNICO	

3.4	EVALUACION ECONOMICA	66
-----	----------------------	----

IV.	RESULTADOS Y DISCUSSIONES	67
-----	---------------------------	----

4.1	CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MATERIALES: PE DGDJ-3364 NATURAL y PE DFDA-6059 LINEAL	
-----	--	--

4.1.1	Indice de Flujo (Melt Index)	
4.1.2	Densidad	
4.1.3	Esfuerzo de Tensión y Elongación	
4.1.4	Contenido de Carbono Negro	
4.1.5	Resistencia a la Absorción de Humedad	
4.1.6	Fisuramiento Ambiental (Stress Cracking)	

4.1.7 Envejecimiento Térmico	73
4.1.8 Resistencia a las Condiciones Aceleradas del Medio	73
4.1.9 Resistencia a los Agentes Químicos	78
4.2 EVALUACION ECONOMICA EN EL CONTROL DE CALIDAD DE CABLES TELEFONICOS	81
V. CONCLUSIONES	87
VI. RECOMENDACIONES	89
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	90
- Anexos.	92

INDICE DE CUADROS

<u>Nº</u>	<u>T I T U L O</u>	<u>Pag</u>
1	Tipos de polietileno según la densidad	4
2	Características técnicas de los materiales PE-DFDA 6059 Lineal y PE-DGDJ 3364 Natural....	8
3	Características técnicas del polietileno DGDA-3485 Natural	9
4	Características técnicas del polietileno Baylon KL 4 - 8124	10
5	Características técnicas del polietileno Baylon VP KL 4 - 8062	11
6	Características técnicas del polietileno Baylon V 18 H- 464	12
7	Características técnicas del polietileno y Policloruro de winilo.....	15
8	Características técnicas de las mezclas de Polietileno reticulado	17
9	Características técnicas del caucho natural....	18
10	Características técnicas del polietileno sulfonado	21
11	Características técnicas del caucho de silicona.	22
12	Características técnicas del politetrafluor- etileno	23
13	Características técnicas de las poliamidas	24
14	Ensayos y Métodos para evaluar el desempeño de los cables en relación al fuego	25

.....

15	Control de calidad de materia prima	27
16	Fallas en la materia prima-Diagrama de causa y efecto	42
17	Fallas en el proceso-Diagrama de causa y efecto	44
18	Fallas en el producto terminado -Diagrama de causa y efecto	47
19	Resultados de las características físicas y Químicas	68
20	Costos de calidad	81

INDICE DE FIGURAS

Nº	<u>T I T U L O</u>	Pá g
1	Variación del Melt Index con el tiempo del polietileno DGDJ-3364 Natural de alta densidad envejecido a 60 °c.....	30
2	Resistencia al Stress cracking de Mezclas de polímeros diferentes	31
	Comparación de polímeros en resistencia al Stress cracking Ambiental	32
4	Curvas operativas de poliolefinas	33
5	Evaluación de materia prima-carga de rotura y elongación	34
6	Envejecimiento térmico-PE DGDJ-3364 Natural v/s Polietileno Baylon Natural	36
7	Resistencia a la absorción de humedad para Homopolímero de etileno-copolímero vinil acetato y copolímero de etileno(PE Lineal)	37
8	Resistencia Química de dos tipos de polietileno en agua a temperatura ambiente.....	38
9	Fallas en la materia prima-Diagrama de pareto.	41
10	Fallas en el proceso-Diagrama de pareto	43
11	Fallas en el producto final-Diagrama de pareto.	46
12	Análisis de calidad	50
13	Análisis de proceso	51
14	Método gráfico para la determinación de puntos de falla	74

DE INGENIERIA
OS TECNICO
CENTRAL

15	Envejecimiento térmico: Polietileno Lineal v/s Polietileno Natural	7
16	Envejecimiento térmico utilizando el método gráfico mediante la ecuación de Arrhenius.....	76
17	Resistencia Química: PE DEDA-6059 Lineal v/s PE DGDJ-3364 Natural	79
18	Resistencia Química :PE DGDJ-3364 Natural v/s PE-Baylón Natural	80

I INTRODUCCION

En la actualidad La Unión Carbide Corporation, ha desarrollado Polietileno Lineales que a diferencia de los tradicionales ofrecen mejores características técnicas, los que podrían ser utilizados como sustitutos en la elaboración de cables telefónicos.

El cable telefónico está conformado por un material de cubierta, polietileno de baja densidad y un núcleo el cual agrupa a un número de almas (pares) en el que cada conductor tiene un material aislante, polietileno de alta densidad.

El material de cubierta y aislante para ser utilizados, deben satisfacer ciertos requisitos como: Alta resistencia a las rajaduras, tensión y penetraciones mecánicas; buena flexibilidad, ser estable a la oxidación y ser resistente a los agentes naturales en el primer caso; así como buenas características dieléctricas, buena resistencia mecánica y excelente estabilidad Química y Térmica en el segundo caso.

En esta tesis titulada: "ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO EN EL CONTROL DE CALIDAD DE CABLES TELEFÓNICOS", se pretende demostrar que el polietileno Lineal de alta y baja densidad: PE-DFDA-6057 es mucho más apropiado para la elaboración de cables telefónicos que los tradicionales actualmente introducidos en el mercado, por sus mejores propiedades Físicas, Químicas y durabilidad.

Considerando de importancia estos conceptos en el uso del cable telefónico, en el presente trabajo de investigación se busca como objetivos:

- 1.- Evaluar y comparar la calidad del material (FE-DGDJ-3364-NATURAL), y el material en estudio (FE-DFDA-6059 LINEAL), mediante análisis físicos (Índice de flujo, densidad, Stress Cracking, resistencia a la absorción de humedad, envejecimiento térmico) y Químicos (Estabilidad Química, resistencia a la oxidación, resistencia a las condiciones aceleradas del medio).
- 2.- Evaluar el aspecto económico de ambos materiales mediante los costos de calidad (prevención, comprobación y fallos).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 POLIETILENO

El polietileno es un termoplástico parcialmente cristalino, liviano, polimerizado de gas etileno a presión y temperatura controlada. Es de estructura no polar, de cadenas semejantes altamente saturadas de hidrógeno y carbono. Es usado en muchas aplicaciones porque posee buena resistencia a la humedad, cualidades inertes, buenas características ópticas y sobresalientes propiedades eléctricas.

Su polimerización requiere calor, presión y catalizador apropiado en el reactor, de tal manera que por efecto del catalizador y el calor tiene lugar la reacción entre las cadenas carbono-carbono, produciéndose una gran molécula y dando como resultado un polímero con variadas longitudes de cadenas localizadas, donde los distintos números de cadenas dependen de las condiciones de reacción y especificaciones de manufactura. (10)

Basicamente son dos los métodos de fabricación para polietileno: Alta Presión y Baja Presión.

METODO DE ALTA PRESION

Aquí la polimerización es continua, el producto es altamente ramificado, de densidad limitada y tiene buena resistencia y flexibilidad. Puede además ser

modificado incorporándole como-números polares, como vinil acetato, etileno metil acrilato.

METODO DE BAJA PRESION

En este método la polimerización es llevada a cabo en condiciones diferentes: la cadena lineal tiene poca longitud las cuales al ramificarse pueden agruparse hasta ajustarse totalmente, dando lugar así a una resina de alta densidad. La ASTM D-1246, tiene agrupado las resinas disponibles en cuatro tipos, sin considerar el peso molecular o distribución de pesos moleculares. (Cuadro N°1)

CUADRO N°1

TIPOS DE POLIETILENO SEGUN SU DENSIDAD

TIPO	DENSIDAD (G R/cm ³)		
I	0.91	a	0.925
II	0.926	a	0.94
III	0.941	a	0.955
IV	0.96	a	Más

FUENTE: ASTM 1246 - 61a.

POLIETILENO SEGUN LA DENSIDAD

2.2.1 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

También conocido como HDPE, corresponde a un

polietileno de alto peso molecular y alta densidad. La densidad de este polímero está comprendida de 0.941 gr/cm³ a más y el rango en el peso molecular es aproximadamente de 200,000 a 500,000, estando estos disponibles en el mercado de acuerdo a su densidad y MELT INDEX. (cuadro 1)

2.2.2 POLIETILENO DE MUY BAJA DENSIDAD

También conocido como VLDPE, corresponde a un polietileno de peso molecular medio a bajo. La densidad de este polímero está comprendida entre 0.91 a 0.925 gr/cm³. (cuadro N° 1)

2.2.3 POLIETILENO LINEAL DE BAJA DENSIDAD

También conocido como LLDPE, es producido por la copolimerización de etileno con variadas olefinas alfa a temperatura y presión relativamente baja. La densidad de este polímero está comprendida entre 0.926 a 0.94 gr/cm³ (Cuadro N° 1)

2.3 POLIETILENO UTILIZADO COMO CUBIERTA Y AISLAMIENTO PARA CABLES TELEFONICOS

Según la Unión Carbide Corporation (1970), los polietilenos más conocidos y utilizados comercialmente como cubierta y aislamiento de cable telefónico, tenemos:

CUADRO 7

Características Técnicas del Polietileno y Policloruro de Vinilo

CARACTERISTICAS	POLIETILENO (PE)	POLICLORURO DE VINILO (PVC)
Rigidez Dieléctrica (Kv/mm)	40	35
Constante Dieléctrica (1 KHZ)	2.3	4 - 5
Resistencia Especifica - cm)	10	- 3 x 10
Peso Especifico (g/cc)	0.92	1.3
Coefficiente de Absorción de agua (24 horas) %	0.01	0.1 - 0.3

FUENTE: HASHIMOTO MASOMI - 1985

• Poliétileno de Alta Densidad:

- FE-DGDSJ-3364 - Natural
- FE-DGDA-3465 - Natural

• Poliétilenos de Baja Densidad:

- FE-DFDA-6057
- FE-BAYLON-VF KL 4-6124; Homopolímero de Etileno
- FE-BAYLON-VF KL 4-8062; Homopolímero de Etileno
- FE-BAYLON-V16H464; Copolímero de Etileno-Acetato de Vinilo. (15)

El polietileno de alta densidad, FE-DGDSJ-3364 - NATURAL, es un polímero de alto peso molecular, empleado especialmente en aislamiento de cables telefónicos. Es estable a la oxidación, resistente a la abrasión, así como al Stress Cracking Ambiental y Térmico; también es usado en cables aéreos y subterráneos. Las propiedades de este material se muestran en el Cuadro N° 2

El polietileno de alta densidad, FE-DGDA-3465 - NATURAL, es un tipo de polietileno expandible de alto peso molecular, empleado especialmente como compuesto de aislamiento para cables telefónicos FOAM/SKIN. Las propiedades de este material se indican en el Cuadro N° 3.

El polietileno de baja densidad, FE-DFDA-6057 NEGRO (9865) es utilizado principalmente para cubierta de cables telefónicos; ofrece buenos rendimientos a baja y alta temperatura, así como excelente resistencia al

Stress Cracking Ambiental y buena protección externa. Las características del material se observan en el Cuadro N°2. El polietileno Baylon de baja densidad, VF KL-4-5124 (Homopolímero de etileno), corresponde a un polímero de alto peso molecular; es un producto estabilizado, garantizando de este modo un buen procesamiento y buenas características contra el envejecimiento. Son producidos básicamente de una reticulación compuesta de silano orgánicos o radiación de energía. Las características de este material se muestran en el Cuadro N°4. Asimismo el polietileno Baylon VF-KL4-5062, es un producto estabilizado con buena resistencia a la oxidación; en base a su estructura molecular y a las buenas características reológicas, es posible su reticulación mediante peróxidos o silanos orgánicos. Las propiedades se muestran en el Cuadro N°5. El polietileno Baylon de baja densidad, VI8-H464 (Copolímero de Etileno: Acetato de Vinilo), por su estructura molecular y las buenas características reológicas, permite su utilización para la producción de mezclas reticulantes para cables de baja tensión. Las características de este material se observan en el Cuadro N° 6.

CUADRO 3

DATOS INDICATIVOS DEL PE-D6DA-3485-NATURAL

PROPIEDADES	METODOS DE PRUEBA	UNIDAD	VALOR
Densidad 23°C		3	
Sólido	D792	g/cm ³	0.95
Expandido			0.45
Resistencia a la tracción	D638	PSI	2800
Elongación	D638	%	
Sólido			500
Expandido			3500
Stress Crackink Térmico	REA PE-200	horas	>96
Constante Dieléctrica, 1MHZ	D1531		
Sólido			2.33
Expandido			1.50
Factor de Disipación, 1MHZ	D1531		
Sólido			0.0001
Resistividad Volumetrica	REA PE-200	ohm-cm	>1 x 10 ¹⁵
Melt Index	D1238	g/10 min.	0.9

FUENTE: WIRE AND CABLE - UNION CARBIDE CORPORATION-1967

PROPIEDADES	UNIDAD	METODO DE PRUEBA	VALOR
Indice de fusión (190/2)	g/10 min. 3	DIN 53735	0.2 - 0.3
Densidad efectiva	g/cm	DIN 33479	0.922
Tensión de estiramiento	Mpa	DIN 53455	9.0
Resistencia a la rotura	Mpa	DIN 53455	15.0
Alargamiento a la rotura	%	DIN 53455	600
Temperatura de ablandamiento del acetato de vinilo °C	°C	DIN 53460	90
Dureza shore D	%	DIN 52505	52
Constante dieléctrica relativa a un megaciclo	-	VDE 0303/4	2.28
Factor de disipación tan a un megaciclo, 10 ⁻³	-	VDE 0303/4	0.3

FUENTE: WIRE AND CABLE-UNION CARBIDE CORPORATION-1

CUADRO 2

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS MATERIALES PE-DFDA 6059 LINEAL y PE-DGDJ 3364 NATURAL

CARACTERISTICA	PE-DFDA 6059 LINEAL		PE-DGDJ 3364 NATURAL	
	A.D	B.D	A.D	B.D
Melt Index (gr/10min)	0.20	0.55	0.30	0.60
Densidad (gr/cm ³) 23 °c.	0.96	0.93	0.95	0.92
Resistencia a la Tensión (Mpa)	28.0	16.2	22.1	14.2
Elongación (%)	650	750	500	600
Contenido de carbón negro (%)	-	2.6	-	2.3
Absorción de humedad (%)	0.0	0.0	0.0	0.0
Stress cracking Ambiental				
10% IGEPAL, F ₀ , horas		>500		>200
100 % IGEPAL, F ₀ , horas	>72		>24	
Resistencia Química				
A los ácidos		Excelente		Excelente
A las Bases		"		Media
A los solventes		"		"
Resistencia a las condiciones aceleradas del medio		Excelente		Excelente

A.D = alta densidad

B.D = baja densidad

FUENTE : WIRE AND CABLE UNION CARBIDE CORPORATION-1987

CUADRO 5DATOS INDICATIVOS DEL BAYLON VP KL 4-8062

PROPIEDADES	UNIDAD	METODO DE PRUEBA	VALOR
Indice de fusión (190/2)	g/10 min. 3	DIN 53735	1.4 - 2.0
Densidad efectiva	g/cm ³	DIN 53479	0.922
Tensión de estiramiento	Mpa	DIN 53455	10
Resistencia a la rotura	Mpa	DIN 53455	14
Alargamiento a la rotura	%	DIN 53455	550
Constante dieléctrica relativa a un megaciclo	-	VDE 0303/4	2.3
Factor de disipación tan a un megaciclo	-	VDE 0303/4	0.0003

FUENTE: WIRE AND CABLE- UNION CARBIDE CORPORATION-1

CUADRO 6DATOS INDICATIVOS DEL BAYLON V 18 H 464

PROPIEDADES	UNIDAD	METODO DE PRUEBA	VALOR
Indice de fusión (190/2)	g/10 min.	DIN 53735	1.4 - 2.0
Densidad efectiva	g/cm ³	DIN 53479	0.925
Densidad Equivalente	g/cm ³	--	0.918
Resistencia a la rotura	Mpa	DIN 53455	14
Alargamiento a la rotura	%	DIN 53455	550
Temperatura de ablandamiento del acetato de vinilo °C	°C	DIN 53460	92
Dureza Shore "A"	-	DIN 53505	93
Dureza Shore "D"	-	DIN 53505	47
Constante dieléctrica relativa a un megaciclo	-	VDE 0303/4	2.3
Factor de disipación tan a 50 ciclo	-	VDE 0303/4	0.0007
Tensión de estiramiento	Mpa	DIN 53455	10

FUENTE: WIRE AND CABLE, - UNION CARBIDE CORPORATION-1965

2.4 MATERIALES AISLANTES EMPLEADOS EN CABLES TELEFONICOS

Los materiales aislantes que se emplean en la elaboración de cables telefónicos, dependen de la tensión requerida en la instalación y esta a su vez se basa en las características eléctricas, mecánicas, químicas y económicas. (5)

Los materiales aislantes se caracterizan de acuerdo a: su resistencia específica o resistividad que normalmente es muy elevada, del orden de la potencia de 10; su constante dieléctrica la cual representa el número de veces que un cuerpo es más aislante que en el vacío; a su rigidez dieléctrica y a su factor de pérdidas, que es la relación entre la corriente activa y reactiva generada por las capas alternadas conductoras y aislantes de un cable.

Masumi Hashimoto (1965) menciona que dentro de los materiales se encuentran: el aislamiento papel, aislamientos secos, aislamientos especiales y aislamientos atóxicos y no corrosivos.

Aislamiento Papel

Este tipo de aislamiento puede ser de dos formas:

- Con cinta de papel
- Con pulpa de papel

El de cinta de papel, puede ser aplicado de varios métodos, según sea su utilización en el cable. Este tipo de aislamiento necesita el siguiente proceso de fabricación:

- Obtención del papel de la pulpa de madera
- Obtención de la cinta de papel
- ENROLLAMIENTO CON CINTA DE PAPEL
Al rededor del Conductor.

El aislamiento con pulpa de papel, a diferencia del aislamiento con cinta, cubre los conductores con un proceso de fabricación, siendo las ventajas las siguientes:

- La capacitancia es uniforme
- No existe la posibilidad de corto circuito, aun cuando se doble fuertemente el cable.

Los aislamientos secos que se emplean como aislamiento de cables son: materiales termoplásticos, y elastómeros.

Un material plástico está compuesto por un aglutinante, que es una resina sintética que da nombre al material y es quien tiene las propiedades dieléctricas; diversos aditivos son incorporados al material básico para aumentar las propiedades mecánicas, químicas, etc. Los materiales termoplásticos más usados son el polietileno y el de vinilo. Las características técnicas se dan el Cuadro N°7.

CUADRO 7

Características Técnicas **C.S.S** del Polietileno y Policloruro de Vinilo

CARACTERISTICAS	POLIETILENO (PE)	POLICLORURO DE VINILO (PVC)
Rigidez Dielctrica (Kv #111)	0	15
Constante Dielctrica (1 V.HZ)	2.1	4 - 5
Resistencia Especifica (cm)	10	1 - X 10
Peso Especifico (g/cc)	(1,92	1.3
Coefficiente de Absorción de agua (2 horas)	(1,1)	fl. 1 - 0.3

FUENTE: HASHIMOTO MASOMI - 1985

Termoestables

Los materiales termoestables, son sustancias resultantes de las tentativas para eliminar la condición termoplástica del polietileno, aumentando de esta forma la temperatura de trabajo y de fusión del material. En este grupo tenemos el polietileno reticulado el cual conserva las propiedades eléctricas, mecánicas y químicas del polietileno normal; este material conocido como XLPE "POLIETILENO CROSSLINKED", a diferencia del polietileno normal y el papel tiene superior resistencia mecánica y dureza mayor. Las características técnicas se dan en el Cuadro N° 6.

Elastómeros

Los elastómeros son materiales elásticos de origen natural o sintético, que se extienden cuando se someten a una tensión mecánica que no sobrepasa su límite de elasticidad y recuperan bruscamente su valor primitivo cuando cesa la fuerza aplicada.

El primer elastómero utilizado para aislamiento de conductores eléctricos fue el caucho natural, el mismo que se obtiene a partir del Latex que contiene un 30% de un polímero llamado isopreno, al que se le añaden ciertos aditivos para mejorar sus propiedades mecánicas y proceder a su vulcanización, obteniéndose el producto denominado caucho vulcanizado. Las características técnicas se dan en los Cuadros N° 7.

CUADRO 8

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS MEZCLAS DE POLIETILENO RETICULADO EMPLEADAS EN CABLES

----- CARACTERISTICAS FISICAS

Peso específico a 20°C en g/cc.	1.2
Carga de Rotura en kg/cm ²	150
Alargamiento a la Rotura %	200
Temperatura Máxima de Trabajo °C	90
Resistencia a la Llama	Moderada

----- CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Resistividad a 20°C en Ohm/cm ² /cm.	16 10
Rigidez Dieléctrica a 20°C en Kv/mm.	15
Constante Dieléctrica a 50 Hz	3
Factor de Pérdida (Tg) a 50 Hz y 20°C	-2 1 x 10

----- CARACTERISTICAS QUIMICAS

Resistencia al Ozono	Excelente
Resistencia a la Humedad	Excelente
Resistencia a Aceites y Grasas	Excelente

FUENTE: HASHIMOTO MASOMI - 1985

CUADRO 9

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CAUCHO NATURAL VULCANIZADO EMPLEADO EN CABLES

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Peso específico a 20°C en g/cm ³	1.4
Carga de Rotura en Kg/cm ²	100
Alargamiento a la Rotura %	380
Temperatura Máxima de Trabajo °C	60
Resistencia a la Llama	Mala

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Resistividad a 20°C en Ohm/cm ² /cm.	14 10
Rigidez Dieléctrica a 20 °C en Kv/mm.	25
Constante Dieléctrica a 50 Hz	2.7
Factor de Pérdida (Tg) a 50 Hz y 20°C	0.02

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Resistencia al Ozono	Mediana
Resistencia a la Humedad	buena

FUENTE: HASHIMOTO MASOMI - 1985

Aislamientos Especiales

Se caracterizan por sus excelentes propiedades mecánicas, químicas y eléctricas; entre los más conocidos tenemos al polietileno sulfonado, caucho de silicona, el politetrafluoretileno y las poliamidas.

(5)

El Polietileno Sulfonado, comercialmente conocido como "HYFALON", es un elastómero de buenas propiedades mecánicas, resistente a la oxidación, excelentes propiedades eléctricas. Sus características técnicas se dan el Cuadro N°10.

El Caucho de Silicona, conocido comercialmente como Rhodorsil, Silastis, etc.; son compuestos en el que el silicio y el oxígeno se combinan alternativamente para reemplazar al carbono; se caracterizan por su elevada resistencia al ozono, a los rayos ultravioletas, al efecto de ionización y su excelente resistencia a los agentes oxidantes. Las características técnicas se observan en el Cuadro N°11.

El Politetrafluoretileno, comercialmente conocido como "TEFLÓN" y "FLUON", es un termoplástico que tiene buena estabilidad frente al envejecimiento por oxidación, se asemeja al polietileno con la particularidad de que la presencia del fluor le

proporciona resistencia a los agentes químicos. Debido a su elevado costo su empleo en muchas aplicaciones es limitado.

Las características técnicas se especifican en el Cuadro N° 12.

Las Foliámidas conocidas comercialmente como Nylon, Rilsan, etc. son termoplásticos de tipo fibroso, son muy estables a los rayos solares y no sufren envejecimiento; son tenaces, elásticas, flexibles, resistentes a la tracción, al choque y a la abrasión, teniendo buena resistencia a los agentes químicos. Las características técnicas se detallan en el Cuadro N° 13.

CUADRO 10

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL POLIETILENO SUFOMADO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Peso específico a 20°C en g/cc.	1.75
Carga de Rotura en Kg/cm ²	3200
Alargamiento a la Rotura %	300
Temperatura Máxima de Trabajo °C	100
Resistencia a la Llama	Muy Buena

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Resistividad a 20°C en Ohm/cm ² /cm.	10
Rigidez Dieléctrica a 20 °C en Kv/mm.	30
Factor de Pérdida (Tg) a 50 Hz y 20°C	0.03

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Resistencia al Ozono	Excepcional
Resistencia a la Humedad	Mediana
Resistencia a Aceites y Grasas	Mediana

FUENTE: HASHIMOTO MASOMI - 1985

CUADRO 11

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL CAUCHO DE SILICONA

CARACTERISTICAS FISICAS

Peso específico a 20°C en g/cc.	1.4
Carga de Rotura en Kg/cm ²	70
Alargamiento a la Rotura %	300
Temperatura Máxima de Trabajo °C	170
Resistencia a la Llama	Buena

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Resistividad a 20°C en Ohm/cm ² /cm.	13
Rigidez Dieléctrica a 20 °C en Kv/mm.	18
Factor de Pérdida (Tg) a 50 Hz. y 20°C	0.05

CARACTERISTICAS QUIMICAS

Resistencia al Ozono	Muy Buena
Resistencia a la Humedad	Buena
Resistencia a Aceites y Grasas	Mediana

FUENTE: HASHIMOTO MASOMI - 1985

CUADRO 12

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL POLITETRAFLUORETILENO

----- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS -----

Peso específico a 20°C en g/cc.	2.2
Carga de Rotura en Kg/cm ²	150
Alargamiento a la Rotura %	200
Temperatura Máxima de Trabajo °C	300
Resistencia a la Llama	Incombustible

----- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS -----

Resistividad a 20°C en Ohm/cm ² /cm.	15 10
Rigidez Dieléctrica a 20 °C en Kv/mm.	30
Constante Dieléctrica a 50 Hz	2
Factor de Pérdida (Tan δ) a 50 Hz y 20°C	0.0002

----- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS -----

Resistencia al Ozono	Excepcional
Resistencia a la Humedad	Excepcional
Resistencia a Aceites y Grasas	Excepcional

FUENTE: HASHIMOTO MASOMI - 1985

CUADRO 13

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS POLIAMIDAS

CARACTERISTICAS FISICAS

Peso específico a 20°C en g/cc.	1.1
Carga de Rotura en Kg/cm ² .	500
Alargamiento a la Rotura %	40
Temperatura Máxima de Trabajo °C	100
Resistencia a la Llama	Mala

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Resistividad a 20°C en Ohm/cm ² /cm.	12 10
Rigidez Dieléctrica a 20 °C en Kv/mm.	25
Constante Dieléctrica a 50 Hz	0.05

CARACTERISTICAS QUIMICAS

Resistencia al Ozono	Buena
Resistencia a la Humedad	Buena
Resistencia a Aceites y Grasas	Buena

FUENTE: HASHIMOTO MASOMI - 1965

Aislantes Atóxicos y no Corrosivos

Son cables aislados, con polímeros clorados y aditivos con materiales halogenados que confieren dicha propiedad; estos cables no propagan el incendio cuando se queman por contacto con el fuego. Para comprobar la eficacia de estos cables en relación al fuego, se empiezan ensayos para evaluar su desempeño, tales como: Índice de Oxígeno, Índice de Temperatura, Ensayo de Llama, Determinación de humos, Determinación de Gases tóxicos y de Gases Corrosivos.

(Cuadro N° 14)

CUADRO N° 14

Ensayos y métodos para evaluar el desempeño de los cables en relación al fuego.

1. Índice de Oxígeno - ASTM D2583
2. Índice de Temperatura
3. Ensayo de Llama con Mechero BUNSEN-IEC 332-1.
4. Determinación de Humos. ASTM-2843 Y CEI 20-37 P.
5. Determinación de Gases Tóxicos. CEI Y CEI 20-37 P.2.
6. Determinación de Gases Corrosivos. EC 754-1.

FUENTE: Materiales Aislantes y no Corrosivos. J. M. Arana. H. Martínez (1987).

2.5 CONTROL DE CALIDAD EN CABLES TELEFONICOS

El control de calidad se refiere a la aplicación de métodos de producción económicos, para generar bienes o servicios de calidad de acuerdo con los requisitos de los consumidores. Para satisfacer los requerimientos de calidad hay que tener en cuenta los siguientes conceptos.

Calidad de Diseño

Es la medida en que las características establecidas en el diseño responden a las necesidades potenciales del usuario en la forma más económica posible.

Calidad de Conformación o Fabricación

Mide el grado de perfección del producto fabricado con respecto a las especificaciones de diseño. (13)

2.5.1 CONTROL DE CALIDAD EN LA MATERIA PRIMA

Comprende la evaluación de todos los insumos que son necesarios para la elaboración de un cable telefónico.

Así, a los materiales que van a ser utilizados como cubierta y aislamiento de cables telefónicos se determinarán las siguientes características: mecánicas, físicas, químicas y eléctricas, a fin de seleccionar el material más adecuado en el uso del cable. El cuadro N° 15 muestra las características de varios tipos de polietileno, según CEFER S.A. se aprecian en el Cuadro N° 15.

CUADRO Nº 15**CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA****TIPOS DE POLJETILENO**

CARACTERISTICAS	DeDa-Negro 6059 B.D.	D6DJ-3364 NAT-A.D	BAYLON-NAT 225-DB1	D6DA-7540 NAT-B.D	D6DJ-3490 NAT-A.D
Densidad 20°C g/cc.	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92
Melt Index	0.6488	0.3155	1.4237	0.5957	0.1631
C.R.U. Kgf/mm²	1.63	2.28	1.31	1.53	1.66
A.R. %	690	710	582	655	600
DESPUES DE ENVEJECIMIENTO					
C.R.U (Kgf/mm² 48 Hr. 100°C	1.63	2.25	1.34	1.65	1.72
A.R. (%)	735	640	505	720	510
RESIDUALES (%)					
C.R.U.	100	98.68	102.3	107.84	103.61
A.R.	106	-	52.40	109.99	-

C.R.U. = Carga de rotura unitaria.

A.R. = Alargamiento a la rotura.

FUENTE: CEPER S.A

2.5.2 CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN

Se refiere específicamente a la inspección durante el proceso de fabricación del material, a fin de lograr la calidad de conformación; es decir, el cumplimiento de las especificaciones de diseño. Por tanto, en esta etapa se debe considerar lo siguiente:

- Control de parámetros en el proceso de fabricación.
- Detección y eliminación de fallas en el proceso, que afectan la calidad del producto.
- Control tanto de maquinaria, como de los equipos de fabricación, mantenimiento preventivo, para evitar imperfecciones y correcciones. (13)

3.2.3 CONTROL DE CALIDAD EN EL PRODUCTO TERMINADO

Esta etapa abarca todas las actividades concernientes a la distribución y uso del producto, de tal forma que si los resultados preliminares han sido satisfactorios, se hará un análisis de comprobación al polímero de manera que garantice la aprobación de tipo; éste tendrá lugar cuando los diferentes ensayos aplicados al producto terminado cumplan los requerimientos mínimos.

2.6 ENSAYOS REALIZADOS A LA MATERIA PRIMA

Los ensayos recomendados según la ASTM, REA y ITINTEC, en materiales de cubierta y aislamiento utilizados en cables telefónicos son:

- INDICE DE FUSION (MELT INDEX)

Determina la fluidez del polietileno fundido bajo condiciones específicas de temperatura y presión (Fig. 1)

- DENSIDAD

Mide el grado de cristalinidad, expresado en GR/cm³ y ayuda al reconocimiento del plástico.

- FISURAMIENTO AMBIENTAL (STRESS CRACKING)

Determina la resistencia al cuarteamiento por tensiones en medios ambientes activos de los materiales de polietileno (Fig. 2 y 3)

- ESFUERZO DE TENSION Y ELONGACION

Mide las propiedades mecánicas y especificaciones de los plásticos y sirve para propósitos de control. (Fig. 4)

VARIACION DEL MELT INDEX CON EL TIEMPO
MUESTRA: POLIETILENO DGDJ-NAT ALTA
DENSIDAD ENVEJECIDO A 60°C.

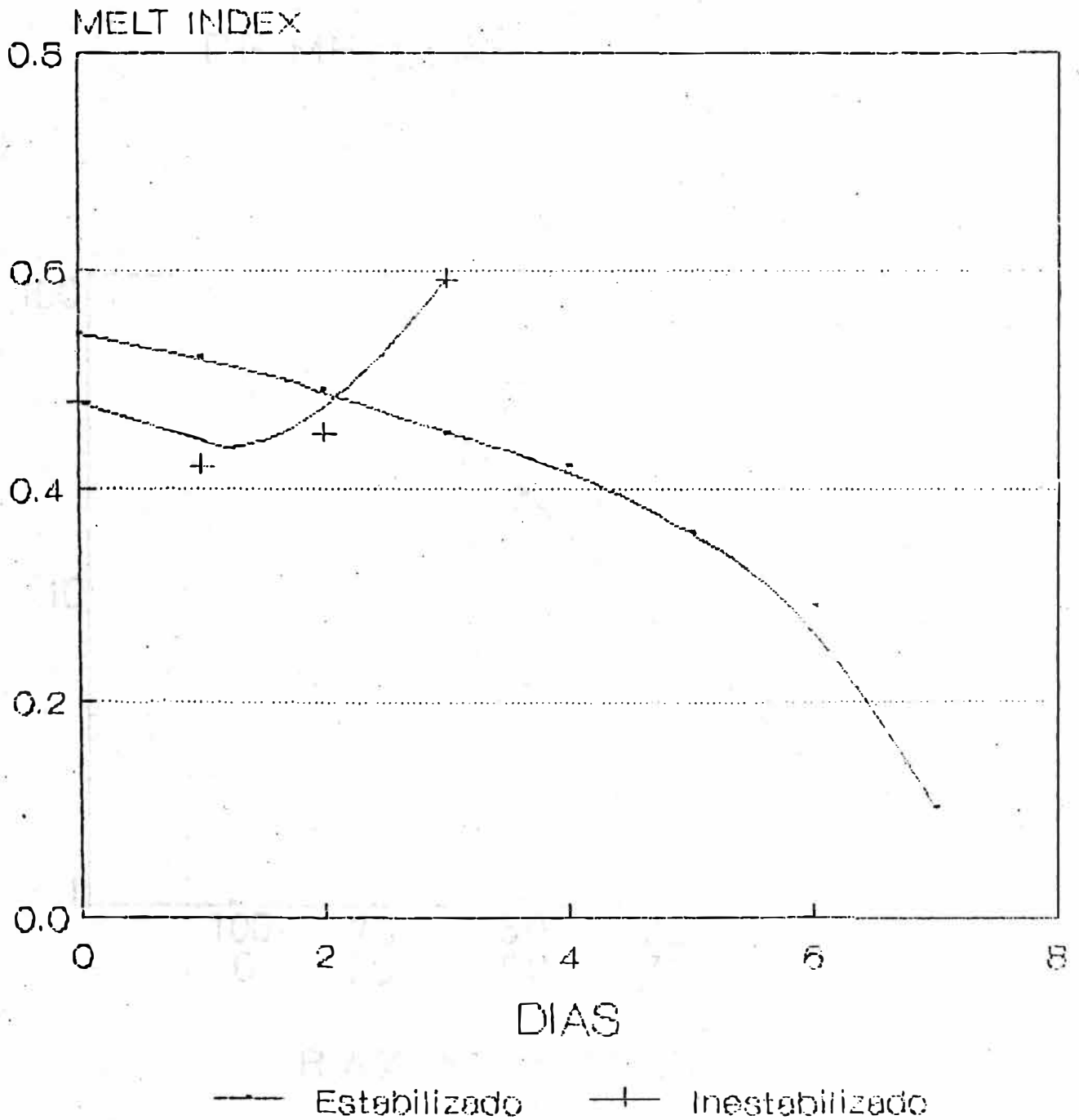
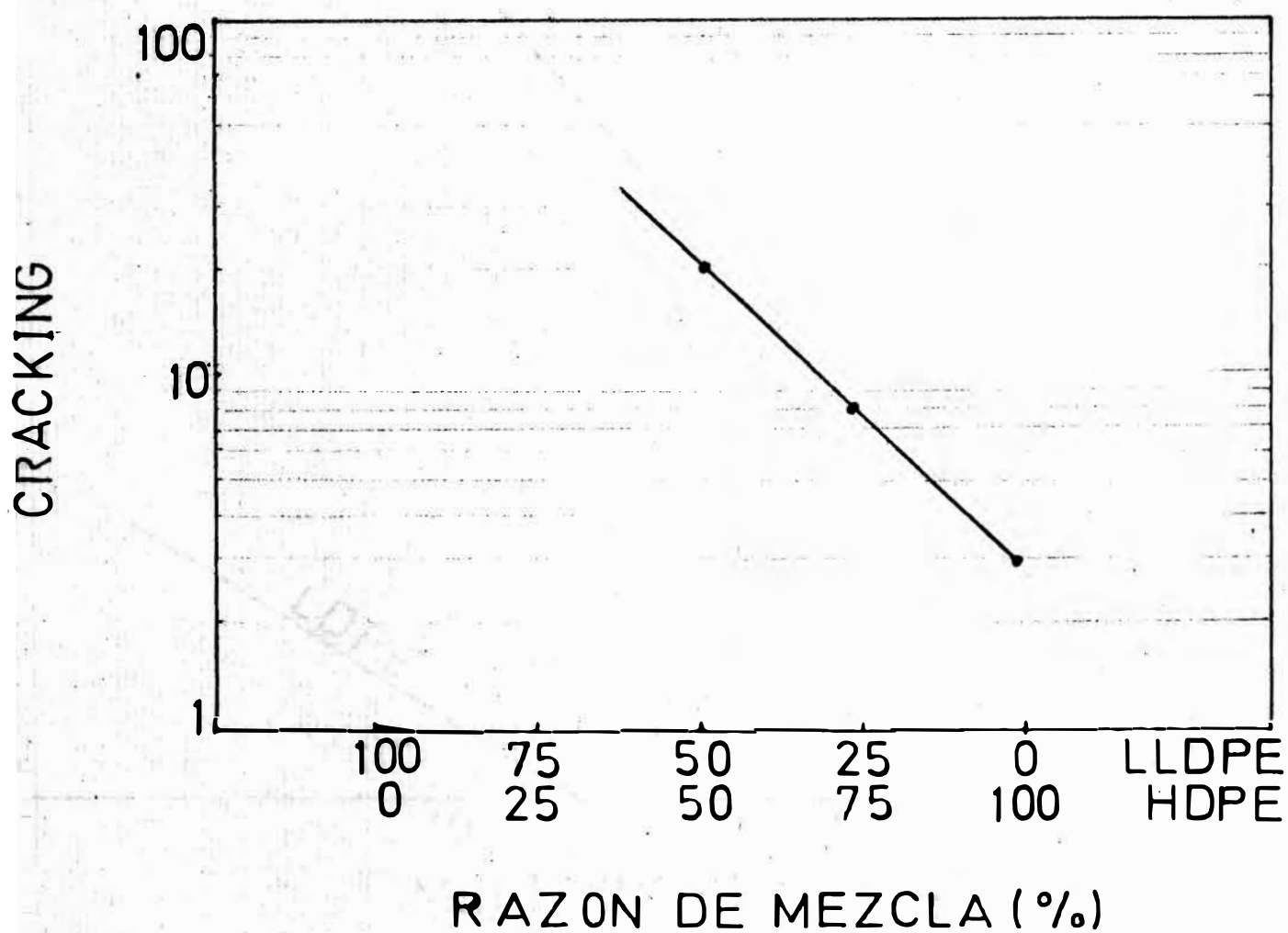


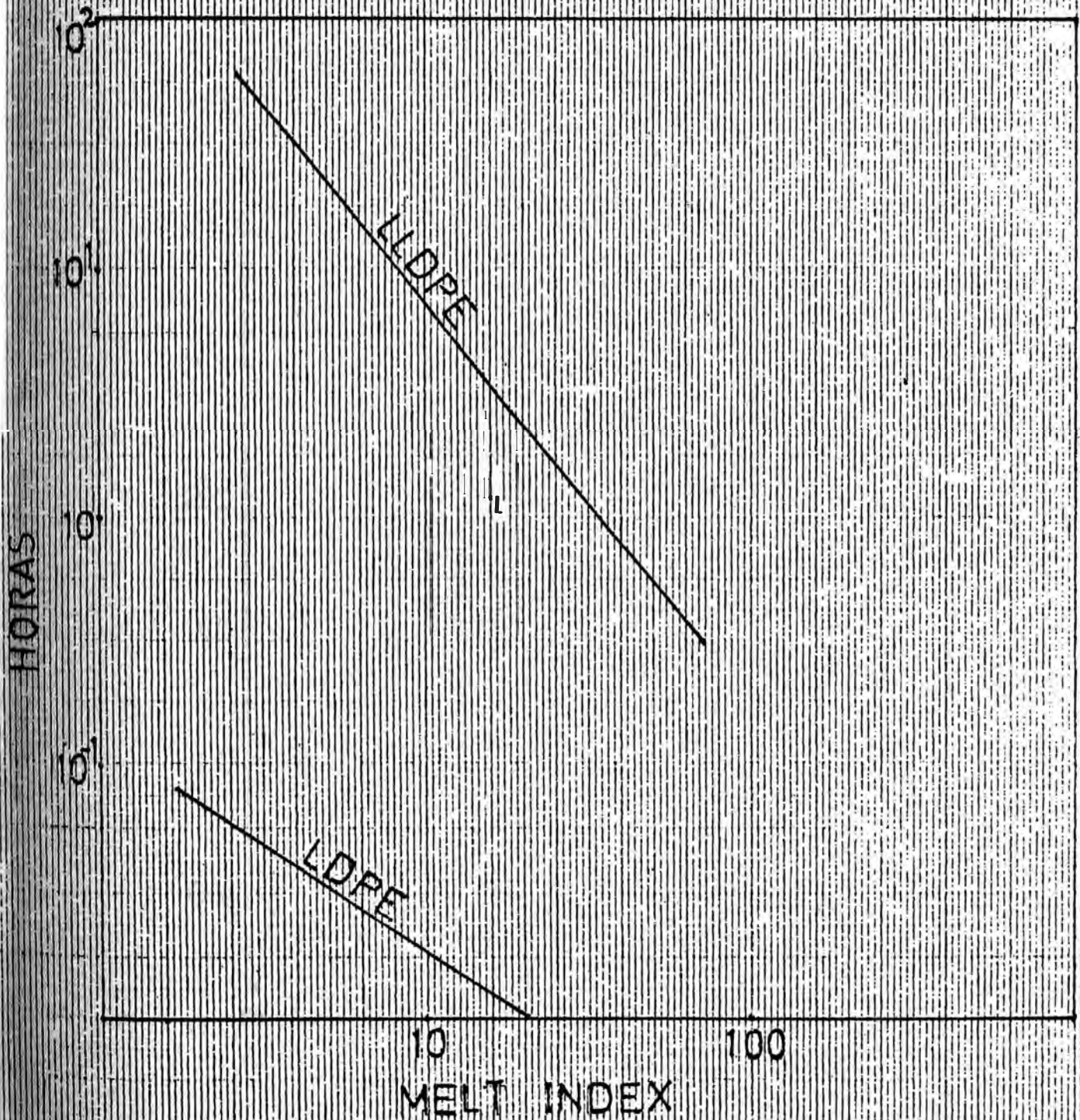
FIG. 1 FUENTE: CEPER S.A

FIG 2: RESISTENCIA AL STRESS CRACKING
DE MEZCLAS DE LLDPE Y HDPE



FUENTE: MODERN ENCICLOPEDIA PLASTIC- 1980:1987

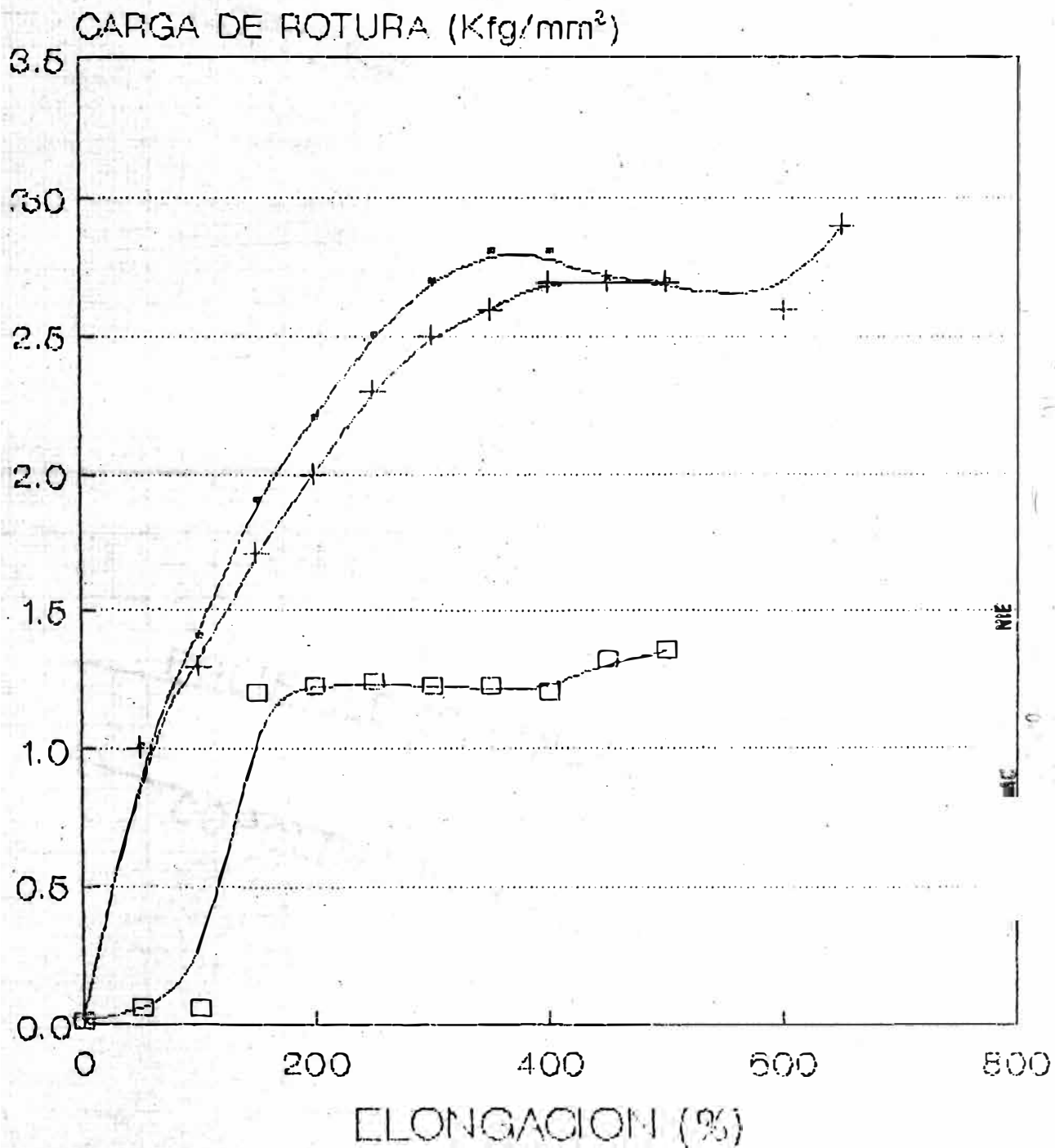
COMPARACION DE RESISTENCIA AL STRESS
CRACKING AMBIENTAL



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES
 CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES
 CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

FUENTE: MODERNA ENCICLOPEDIA PLASTIC- 1986:1987

FIG. 4 CURVAS OPERATIVAS DE POLIOLEFINAS



P. Lineal Baja Dens.

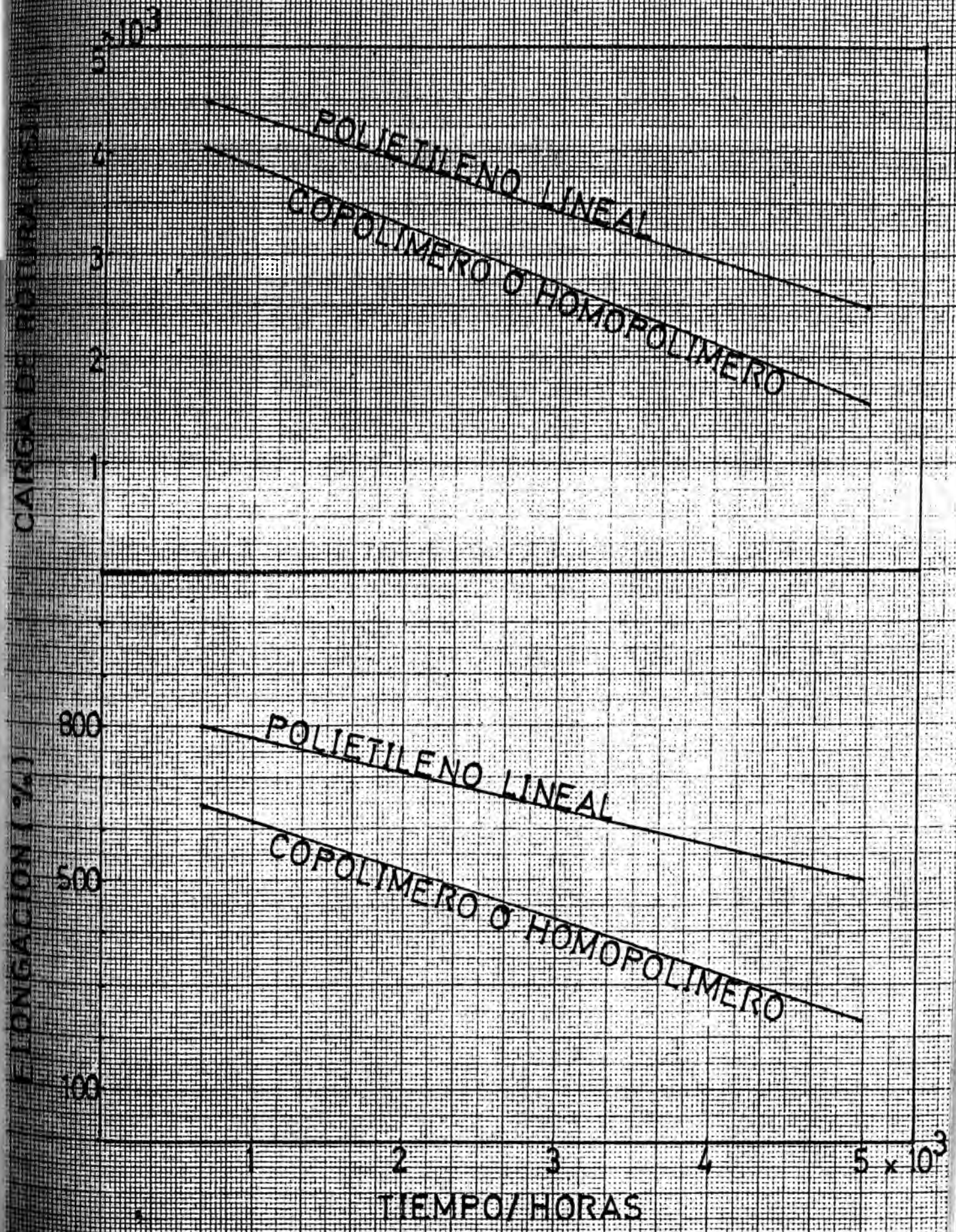
—+— P No Lineal Baja Dens.

—□— P No Lineal de ALTA DENSIDAD

FUENTE: CEPER S.A

FIG 5

EVALUACION DE MATERIA PRIMA



FUENTE: UNION CARBIDE CORPORATION

- ENVEJICIMIENTO TERMICO

Determina analíticamente el tiempo de vida del cable de acuerdo a su temperatura de servicio, mediante ensayos de materiales previamente envejecidos en un horno con recirculación de aire a temperatura y tiempos establecidos mediante el gráfico de ARRHENIUS. (Fig. 6)

- RESISTENCIA A LA ABSORCION DE HUMEDAD

Mide el porcentaje de agua absorbida bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad relativa. (Fig. 7)

- CONTENIDO DE CARBON NEGRO

Mide el porcentaje de carbón negro en poliolefinas.

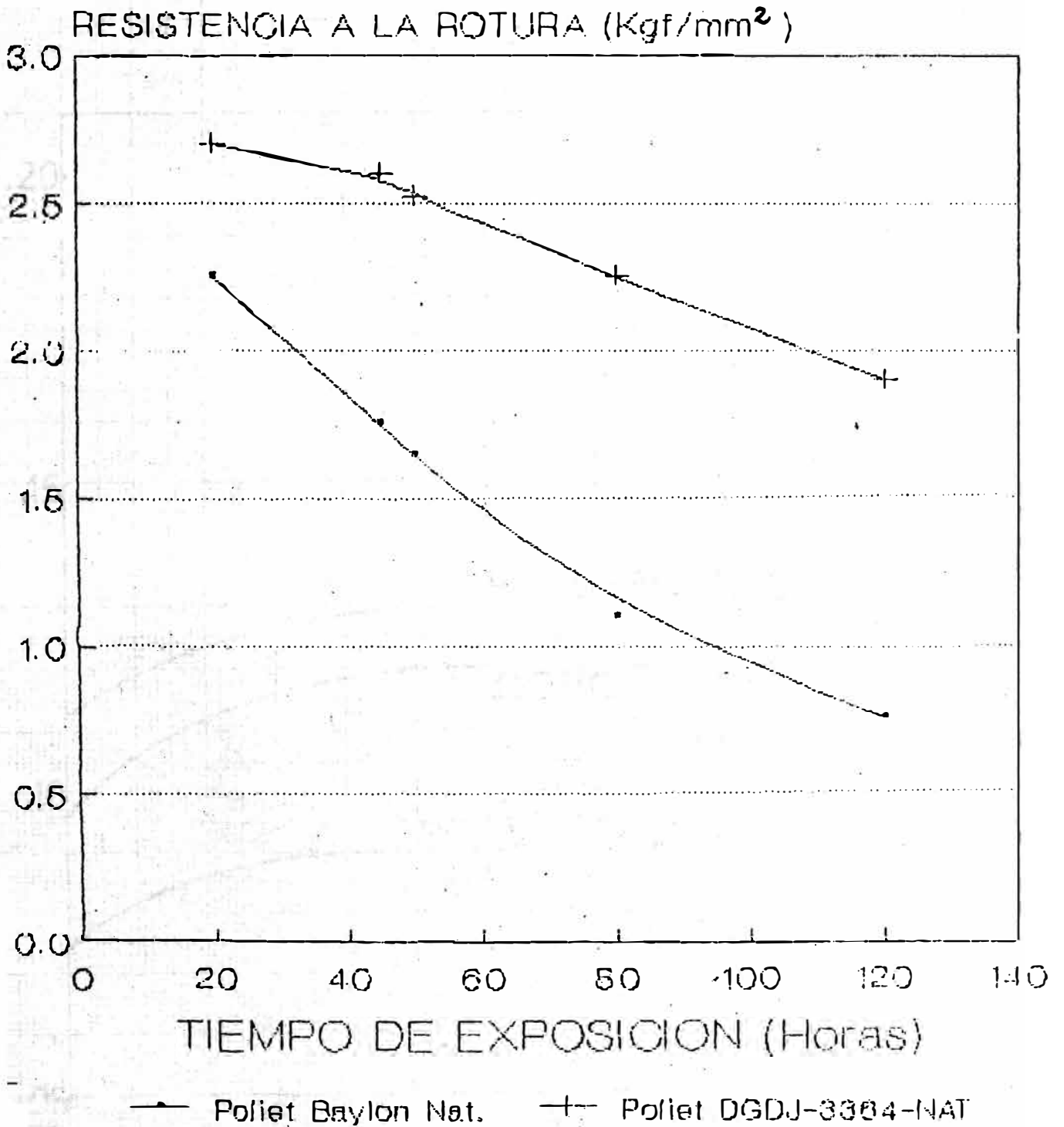
- RESISTENCIA A LOS AGENTES QUIMICOS

Indica la estabilidad química del material expuesto a diferentes compuestos químicos. (Acidos, Bases, Solventes, etc.). (Fig. 8)

- RESISTENCIA A LAS CONDICIONES ACELERADAS DEL MEDIO

Determina cambios en el peso y forma de los plásticos bajo condiciones de servicio como: exposición directa a la luz, al medio ambiente, atmósferas corrosivas, cambios en la temperatura y humedad.

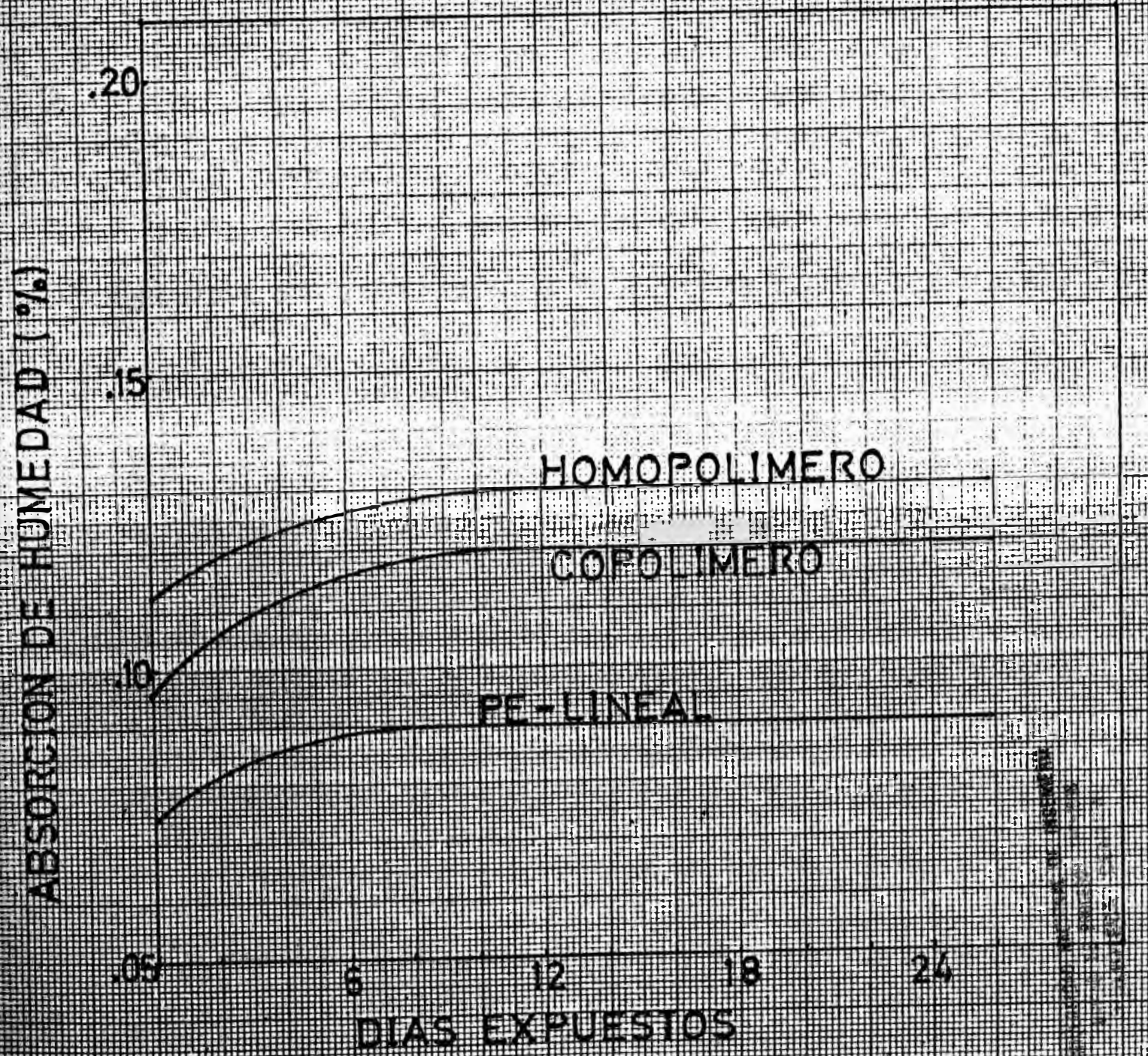
**FIG. 6 RESISTENCIA QUIMICA:
MEDIO DE EXPOSICION AIRE A 60°C**



FUENTE: CEPER S.A

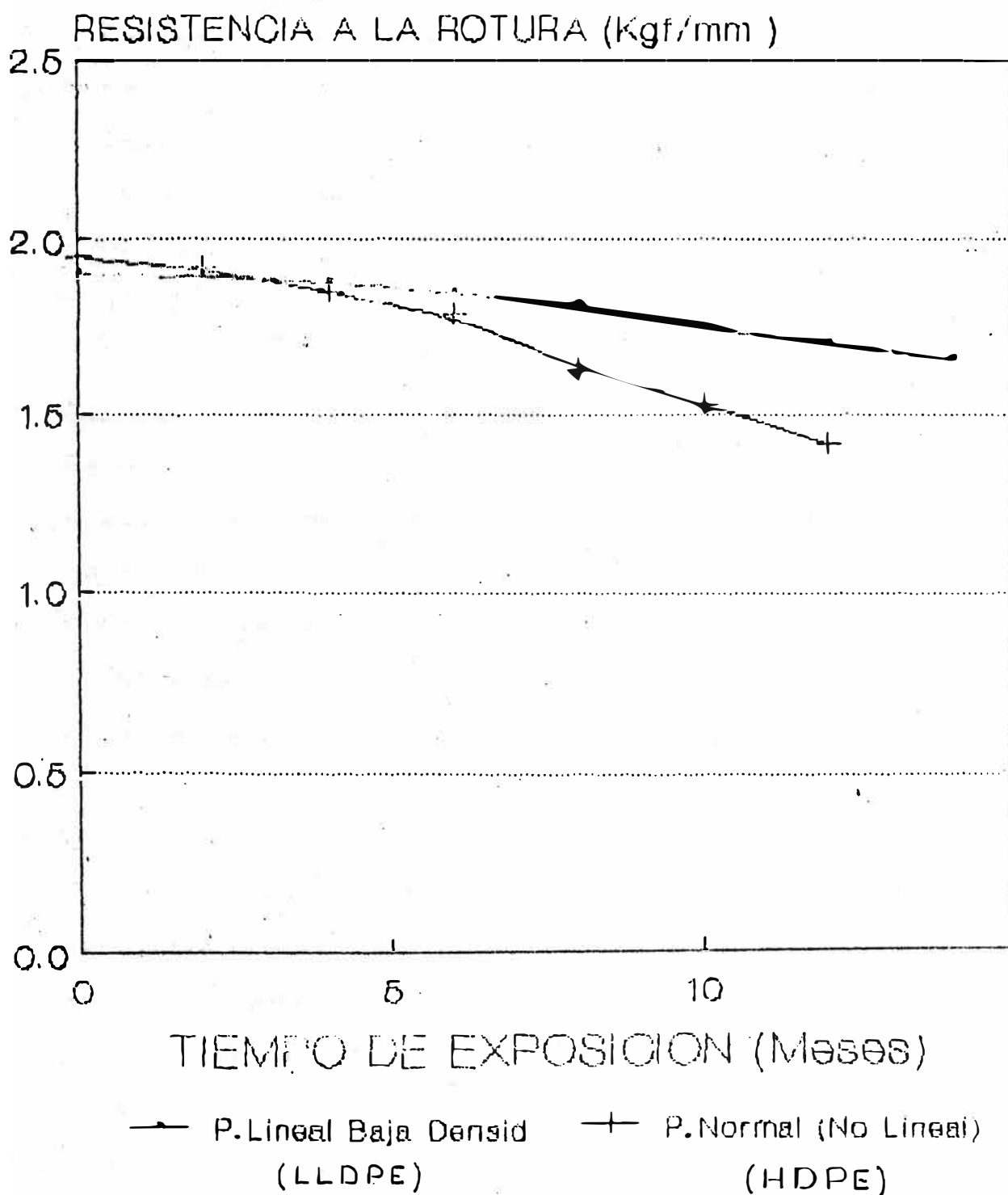
FIG 7

ENSAYO : RESISTENCIA A LA ABSORCION DE HUMEDAD



FUENTE: UNION CARBIDE CORPORATION

**FIG. 8 RESISTENCIA QUIMICA
SE DEMUESTRAN DOS TIPOS DE POLIETILENO,
EXPUESTO EN AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE**



Fuente: Ceper S.A

2.7 CLASIFICACION DE LOS DEFECTOS

Críticos

Estos tipos de defectos afectan la funcionabilidad del producto estos son:

- Cables con baja resistencia de aislamiento.
- Cable con alto valor de capacitancia.
- Cables con continuidad de conductores interrumpidos.
- Aplastamiento de pantalla.
- Cables cortocircuitados ó con cruces.

Mayores

Estos tipos de defectos son aquellos que sin excluir la funcionalidad del producto lo reducen y son:

- Un calibre diferente al especificado.
- Cobre mal trefilado con asperezas.
- Pantalla interrumpida.

Menores

Estos tipos de defectos no afectan la funcionabilidad del producto, solamente disminuye su valor comercial y son:

- Longitud de cable menor que la especificada o requerida.
- Abolladura cerca de los extremos.
- Ovalamiento de los cables.

- Falta en la extrusión de la chaqueta.

Leve

Estos tipos de defectos son considerados de poca importancia, ejemplos:

- Manchas de grasa en la chaqueta.
- Mal aspecto de la chaqueta. (18)

2.3.1 DETECCION DE FALLAS

- En los Insumos

Del análisis de la Figura N°7 y cuadro N°15 podemos observar:

- El mayor número de causas están concentradas en la compra del material y en la mano de obra; siguiéndole en orden la calidad de la materia prima y el control de fabricación.

- Durante el proceso

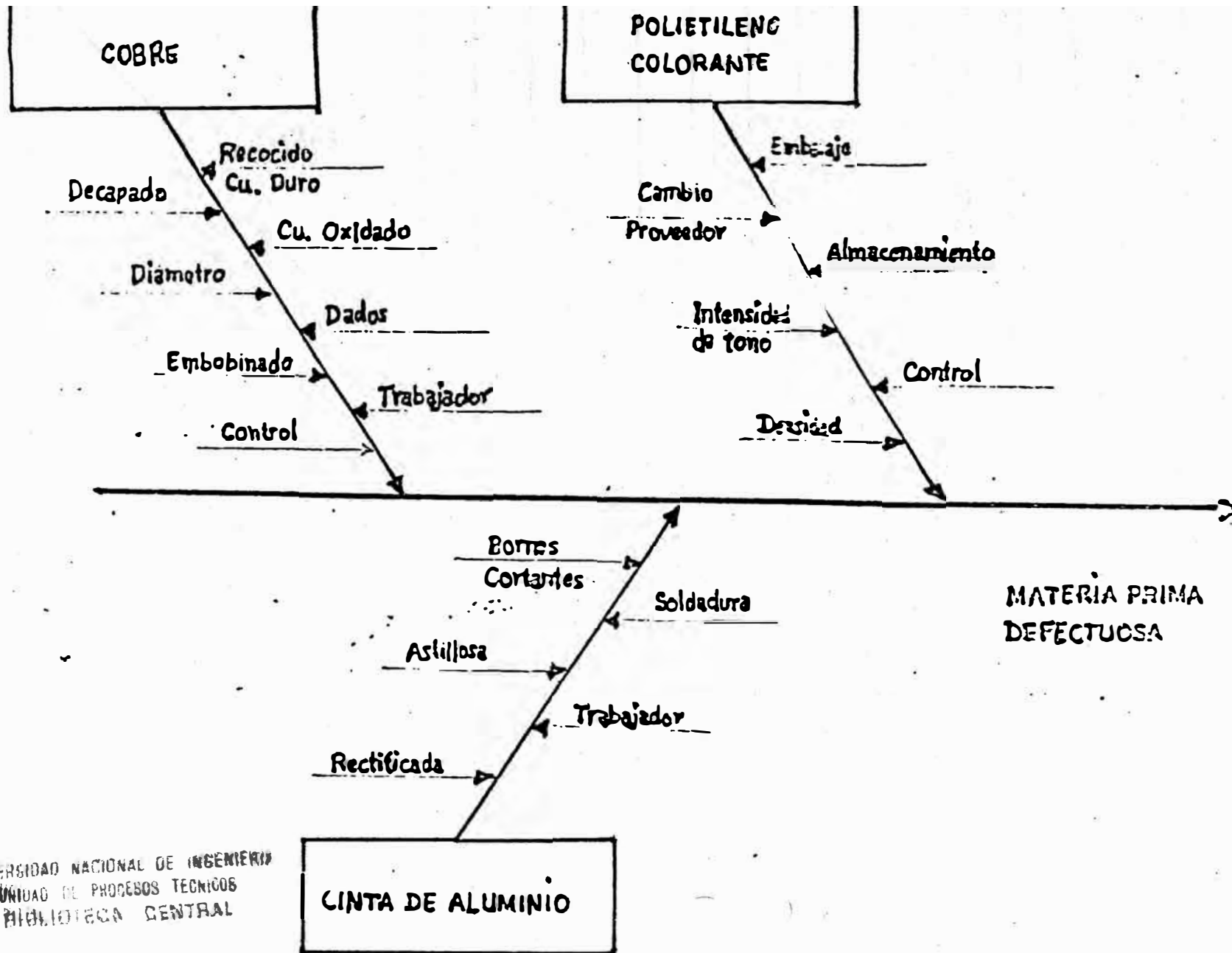
Del análisis del Cuadro N°17 y Fig. N°10 podemos observar:

Las causas más comunes de los defectos presentados son referentes a:

- Mano de obra (trabajador)
- Tensión de hilado.

FIG 9

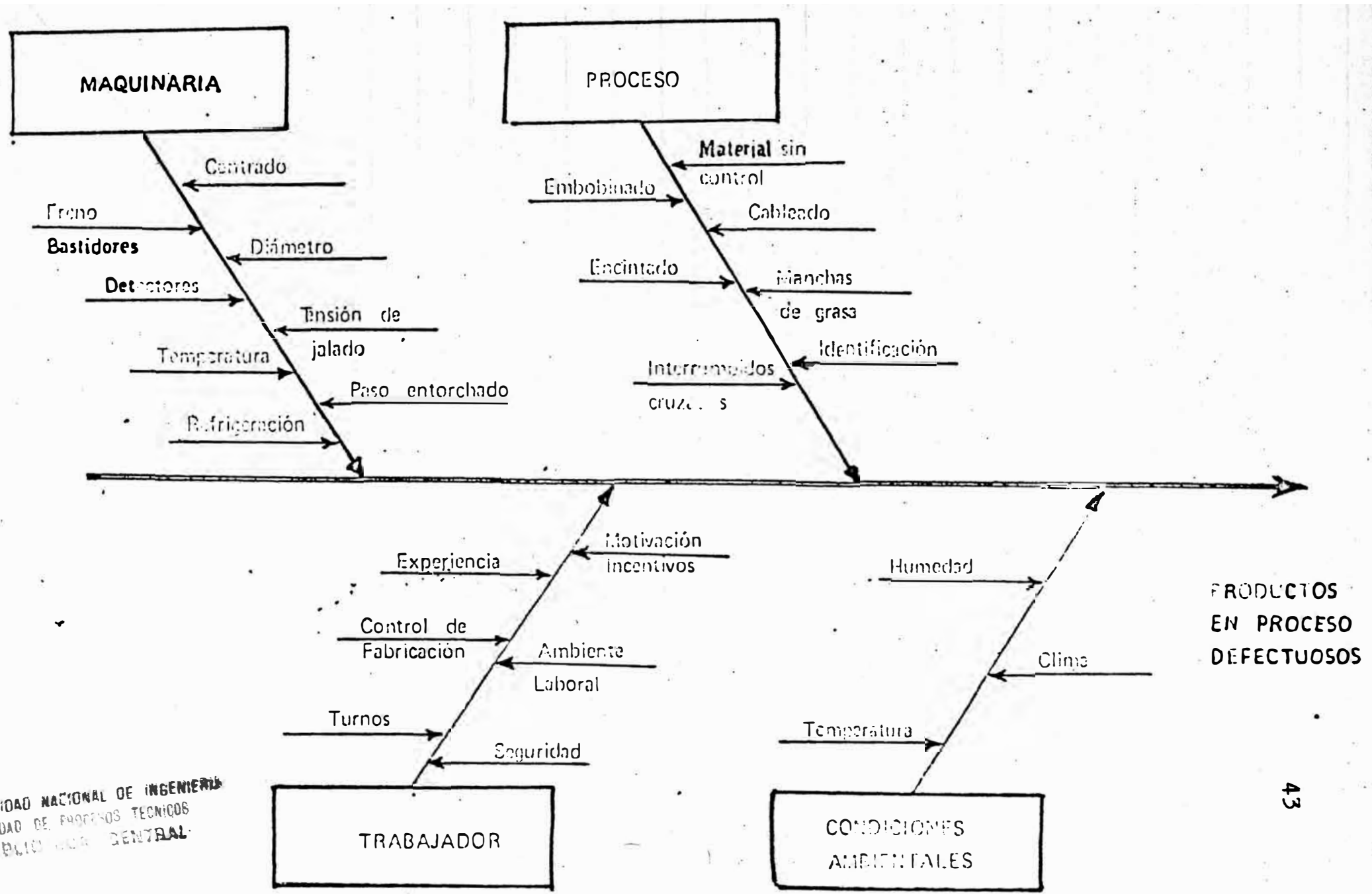
FALLAS EN LA MATERIA PRIMA



CUADRO RESUMEN.16 CAUSA - EFECTO MATERIA PRIMA

42

CAUSAS DEFECTOS	Recepción deficiente	Dados gastados	Medio ambiente	Mal cepado	Mal uso de dados	Control de fabricación	Embalaje	Almacenamiento	Cambio de Proveedor	Abastecimiento deficiente	Compra de materiales	Trabajador	Calidad del Material						
Cobre duro	x			x		x						x							
Astilloso - Ovalado		x				x						x							
Cobre oxidado			x					x											
Diámetro		x		x	x	x						x							
Poliétileno Húmedo			x				x	x			x								
Intensidad de coloración									x		x	x	x						
Cinta Aluminio rectificada										x	x		x						
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA										x	x	x	x						
UNIDAD DE PROCESOS TECNICOS										x	x	x	x						
FABRICA CENTRAL										x	x	x	x						



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
UNIDAD DE PROCESOS TECNICOS
FACULTAD DE INGENIERIA

FALLAS EN EL PROCESO CUADRO RESUMEN 17 CAUSA - EFECTO

CAUSAS	EFECTOS													
	Materia prima sin control	Datos	Temperatura extrusion	Tolerancia del material	Calidad del material	Tribulador	Control del grado de iluminación	Detectors de falla	Tension de jalado	Freno de bastidores	Velocidad	Operación máquina	Transporte	Mantenimiento soldar
Diferencia aislante		X				X								
Color aislante	X		X		X		X							
Aislante áspero			X			X					X			
Peladuras						X		X	X	X				
Interrumpidos									X	X			X	
Cruzados						X		X	X	X				
Encintado		X				X								
Cableado ondulado							X		X	X				
Manchas de grasa														X

Como se puede observar, la causa de la mayor cantidad de productos defectuosos, es debido a la mano de obra; es por eso que se debe tener mucho cuidado en el adiestramiento del personal.

Del Producto Final

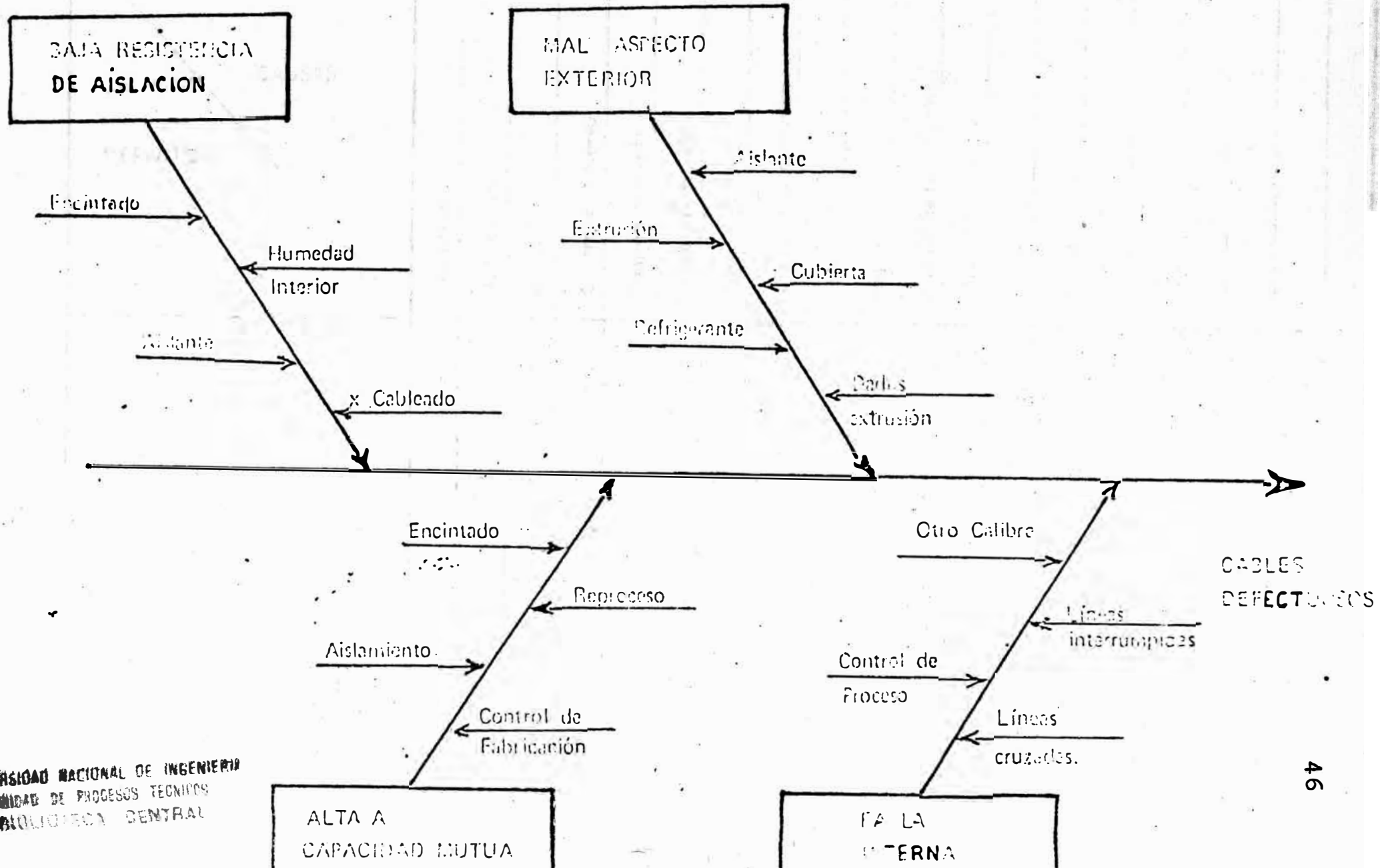
Del análisis de la Fig. N°11 y Cuadro N°16 podemos observar:

Las causas más comunes encontradas en los productos defectuosos son:

- Mano de obra (Trabajador).
- Control de Fabricación.
- Control de Proceso.
- Fases de Proceso.

FIG 11

FALLAS EN EL PRODUCTO FINAL



FALLAS EN EL PRODUCTO FINAL 18 CUADRO RESUMEN CAUSAS - EFECTO

DEFECTOS \ CAUSAS																		
Encintado	x	x	x	x	x	x	x	x	Aislamiento	x	x	x	x	x	x	x	x	
Dados	x	x	x	x	x	x	x	x	Control de Proceso	x	x	x	x	x	x	x	x	
Tensión de jalado	x	x	x	x	x	x	x	x	Freno de Bastidores	x	x	x	x	x	x	x	x	
Trabajador	x	x	x	x	x	x	x	x	Temperatura extrusión	x	x	x	x	x	x	x	x	
Extrusión	x	x	x	x	x	x	x	x	Refrigeración	x	x	x	x	x	x	x	x	
Control de fabricación	x	x	x	x	x	x	x	x	Riesgo fases, procesos	x	x	x	x	x	x	x	x	
Polines	x	x	x	x	x	x	x	x	Cableado	x	x	x	x	x	x	x	x	
Humedad	x	x	x	x	x	x	x	x										

MÉTODOS ESTADÍSTICOS EN EL CONTROL DE CALIDAD DE CABLES TELEFÓNICOS

Para un control eficaz en la calidad de cables telefónicos, es necesario aplicar los métodos en el análisis de calidad y de proceso; estos métodos según el orden de dificultad pueden ser: elementales, intermedios y avanzados. (13)

Métodos Estadísticos Elementales: Incluye

- Cuadro de pareto
- Diagrama de causa y efecto
- Estratificación
- Hoja de verificación
- Histograma
- Diagrama de dispersión
- Gráficos y cuadros de control

Método Estadístico Intermedio: Incluye

- Teoría de Muestreo
- Inspección estadística por muestreo
- Diseño de experimentos

Método Estadístico Avanzado: Incluye

- Diseños Avanzados experimentales
- Análisis Multivariables
- Diversos métodos de investigación de operación.

En las diferentes industrias a pesar de los esfuerzos

por la utilización de estos métodos estadísticos, tienen problemas debido a:

- Datos falsos que no concuerdan con los hechos.
- La deficiencia en reunir datos, debido a que los métodos de muestreo, medición y análisis son inadecuados.
- Transcripción errada de los datos y cálculos equivocados.

Los métodos estadísticos que se emplean principalmente en las diversas industrias, se aplican en dos categorías importantes: análisis de calidad y análisis de proceso.

Análisis de Calidad

Es aquel que con ayuda de datos y métodos estadísticos, determina la relación entre las características de calidad reales y sustitutas. (Fig. 12)

Análisis de Proceso

Es el que aclara la relación entre los factores causales y los efectos, tales como costo y productividad. Cuando se está efectuando control de procesos, se busca descubrir las causas que impiden el funcionamiento suave del proceso. (Fig. 13)

FIG 12. ANALISIS CALIDAD

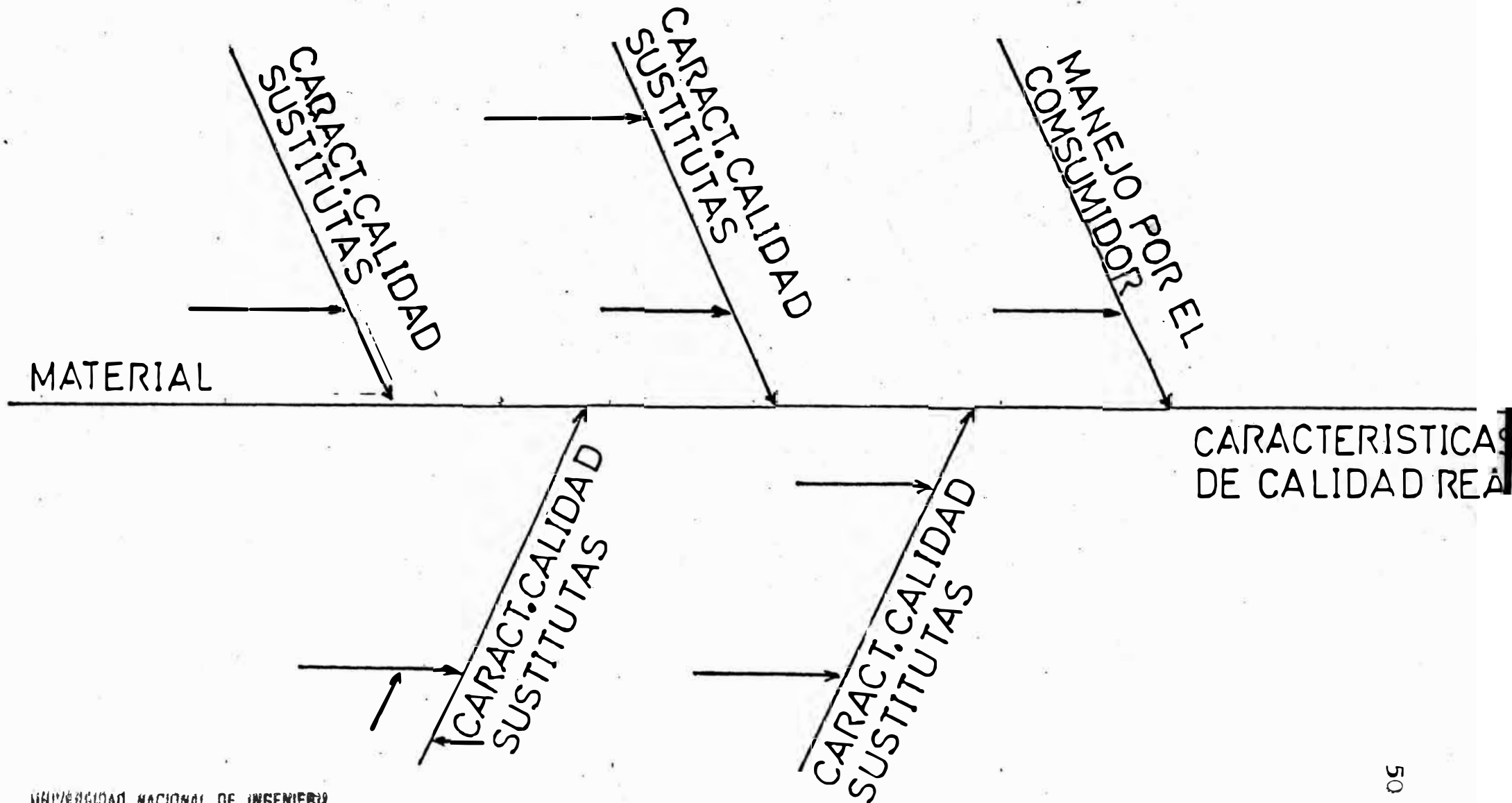
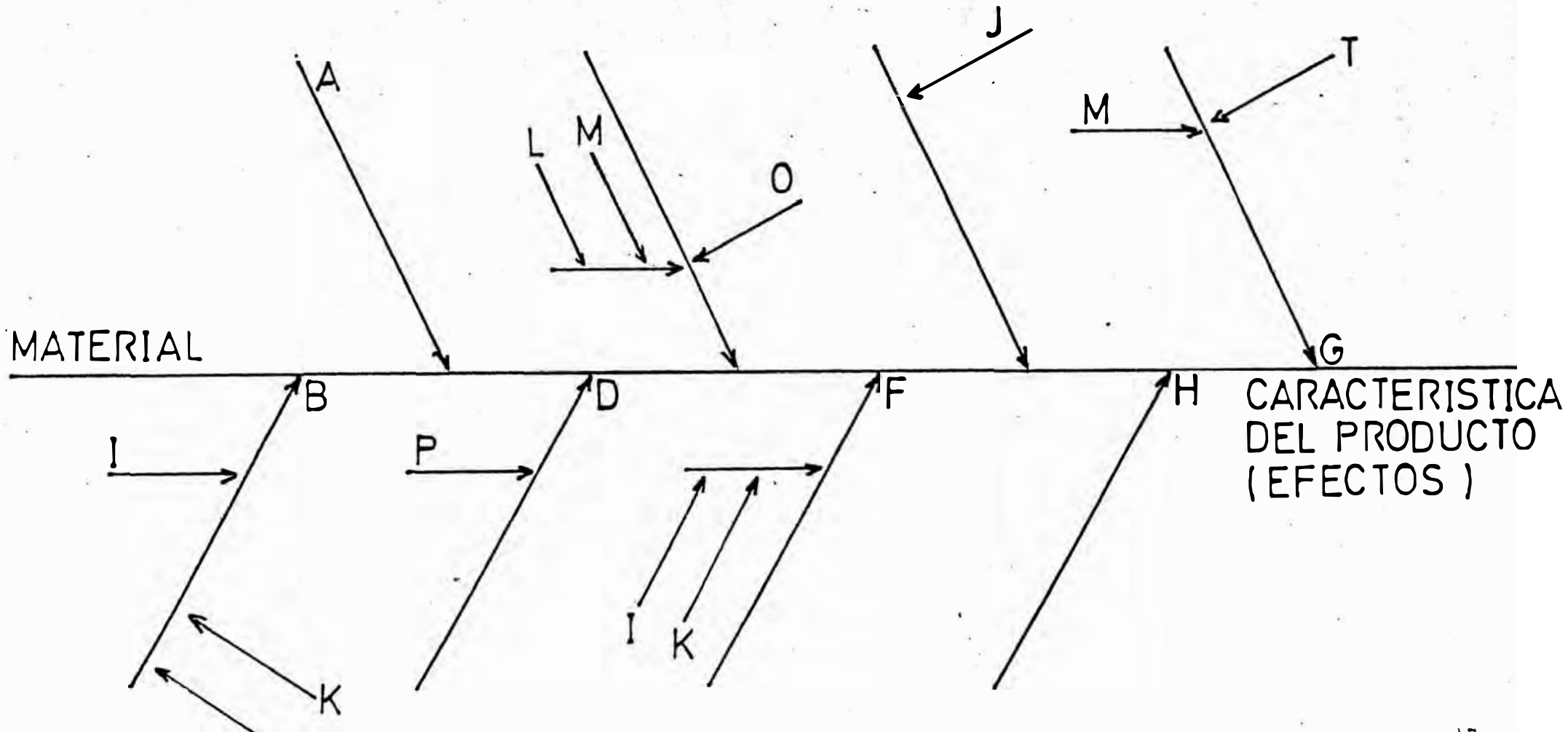


FIG 13. ANALISIS DE PROCESO



FUENTE: CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD (KAORU ISHIKAWA)

III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de las fábricas "Conductores Eléctricos Peruanos" (C.E.F.E.R S.A.) y "Cables y Conductores de Cobre" (TRIFLE C) con la colaboración del personal técnico de ambas empresas.

3.1 MATERIA PRIMA

Se trabajó con el material en estudio: Polietileno Lineal de Alta y Baja Densidad de procedencia extranjera, cuyo nombre es: PE-DFDA-6059; estos materiales fueron proporcionados por la firma UNION CARBIDE CORPORATION, a la fábrica CEFER S.A. para su evaluación respectiva.

Como base de comparación para los análisis físicos y químicos se utilizó el Polietileno Normal de Baja y Alta Densidad (DGDJ-3364-NATURAL).

3.2 EQUIPOS

- Plastómetro
- Balanza Analítica con exactitud de 0.05%
- Balanza de Platillos
- Baño María
- Dinamómetro
- Micrómetro con precisión 0.025%
- Troqueladora

- Pulidora
- Horno con Recirculación de Aire
- Ambientómetro
- Mufla de 0 - 1000°C.
- Desecador

MATERIALES

- Termómetro
- Cronómetro
- Densímetro
- Fortaprobetas
- Probetas
- Vasos de vidrio (Pirex)
- Papel Filtro
- Crisoles
- Pinzas
- Picnómetro

REACTIVOS

- Agua Destilada
- Alcohol de 95%
- Igepal CO - 630 al 10%
- Cloruro de Sodio
- Acido NITRICO CONCENTRADO
- Acido NITRICO Diluido
- Tolueno

3.3 TRABAJO EXPERIMENTAL

El presente trabajo, tuvo como finalidad caracterizar física y químicamente al material Polietileno Lineal de Alta y Baja Densidad y así establecer las diferencias existentes con el material de comparación: Polietileno Normal de Alta y Baja Densidad. Los ensayos experimentales estuvieron asesorados por el Departamento Tecnológico de la Empresa Conductores Eléctricos Peruanos (DEPER S.A). Inicialmente se hicieron ensayos preliminares, para luego realizar los ensayos previos del estudio como: Índice de Flujo, Densidad, Fisuramiento Ambiental, Esfuerzo de Tensión y Elongación, Envejecimiento Térmico, Resistencia a la Absorción de Humedad, Contenido de Carbón Negro, Resistencia a los Agentes Químicos y Resistencia a las Condiciones Aceleradas del Medio.

3.3.1 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LA MATERIA PRIMA

3.3.1.1 INDICE DE FLUJO (MELT INDEX)

Método de la ASTM D-1238-(1979)
Determina la fluidez del Polietileno Fundido y de supuestos en condiciones especificadas de temperatura y presión.

PROCEDIMIENTO

- Encender el aparato y programarlo en 190°C.
- Colocar la matriz de salida por debajo del canal y recorrer la compuerta tirando hacia adentro, dejando ver el orificio de la matriz.
- Colocar el pistón y dejar calentar por 15 minutos.
- Retirar el pistón, recorrer la compuerta tirando hacia adelante hasta cubrir totalmente la matriz y colocar el embudo.
- Verter la muestra a ensayar (3 gr) poco a poco presionándola con la varilla N°1, retirar el embudo, colocar el pistón y dejar calentar por 6 minutos.
- Transcurrido el tiempo de precalentamiento, insertar la pesa (2160 gr.) recorrer la compuerta tirando hacia adentro, dejando ver el orificio de la matriz y dejar fluir el material por espacio de 10 minutos.
- Transcurrido el tiempo de flujo, cortar, enfriar y pesar.

3.3.1.2 DENSIDAD

Método de CEPER S.A.

Indica el grado de cristalinidad y a su vez define el punto de fusión.

PROCEDIMIENTO

- Se pesa la muestra suspendida de un alambre, cuyo diámetro máximo sea de 0.125 mm.
- La muestra suspendida del alambre se sumerge en un vaso que contenga el líquido de inmersión colocado sobre su soporte estático.
- Se eliminan las burbujas de aire con un alambre fino.
- Se marca el nivel de inmersión y se pesa la muestra sumergida.
- Se determina la densidad del líquido de inmersión, para ello se pesa primero el picnómetro vacío, después con agua recientemente destilada a la temperatura $T^{\circ}\text{C}$. y
- Finalmente el mismo picnómetro, limpio y seco, se pesa con el líquido de inmersión que estará también a la temperatura del $T^{\circ}\text{C}$.
- La densidad del líquido de inmersión será:

$$\rho_x = \frac{m_x \rho_o}{m_o}$$

- Luego la densidad de la muestra a T°C se obtiene por:

$$\rho_t = \frac{m_a}{m_a - m_f} \rho_x$$

Donde:

ρ_x = Densidad del liquido de inmersión (gr/cm³)

m_x = Masa del liquido de inmersión

m_o = Masa de agua

ρ_o = Densidad de agua

ρ_t = Densidad muestra en gr/cm³

m_a = Masa de la muestra en el aire

m_f = Masa no corregida de la muestra en el liquido de inmersión, en gr.

3.3.1.3 FISURAMIENTO AMBIENTAL (STRESS CRACKING)

Método de la ASTM D-1653 (1970)

Determina la resistencia al cuarteamiento de los materiales de Polietileno, por tensiones en medios ambientes activos.

PROCEDIMIENTO

1. Generalmente los plásticos Polietilénicos tipo I (definidos en

la norma ASTM D-1248) se prueban bajo la condición A, los tipos II, III y IV bajo la condición B y los tipos I y IV, altamente viscosos, se prueban bajo la condición C.

Las condiciones se especifican en la tabla I.

2. A cada espécimen se le hace un corte (imperfección controlada) sobre una de sus caras como se muestra en la Fig. A.

3. Ubicar los especímenes con su respectivo corte en la canelata. Los especímenes se doblan en U.

4. Introducir la canelata con los especímenes en el tubo de prueba e inmediatamente llenar el tubo con el reactivo, tapar el tubo y ubicarlo en el baño de temperatura a la temperatura de la condición seleccionada.

5. Inspeccionar los especímenes al final del periodo de prueba (48 horas) y registrar el número total de fallas.

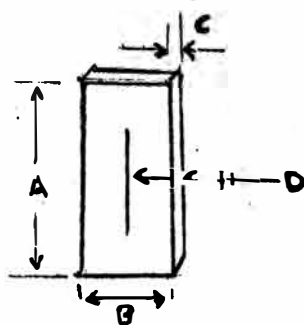
TABLA 1 CONDICIONES STANDARES DE PRUEBA

CONDICION	ESPEESOR DEL ESPECIMEN		PROFUNDIDAD DEL CORTE		TEMPERATURA DEL BANO
	(a)	(a)	(a)	(a)	°C
	m.m		m.m		
A	MIN	3.00	0.50		50
	MAX	3.30	0.65		
B	MIN	1.75	0.30		50
	MAX	2.00	0.30		
C	MIN	1.75	0.30		(b) 100
	MAX	2.00	0.40		

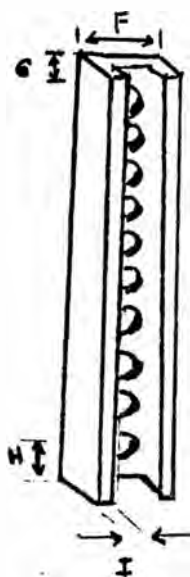
(b) Cuando se usa el baño de 100°C se usa solución de IGEFAL al 100% en lugar de una solución acuosa de IGEFAL, porque las soluciones acuosas tienden a cambiar de composición por la evaporación del Agua durante el periodo de prueba.

FIG A.- EQUIPO DE PRUEBA

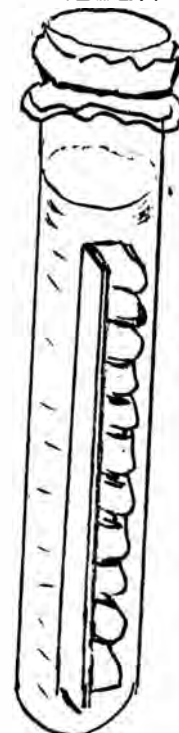
ESPECIMEN DE PRUEBA



PORTAFRUEBAS



TUBOS DE PRUEBA



3.3.1.4 ESFUERZO DE TENSION Y ELONGACION

Método de la ASTM D-638 (1970)

Mide las propiedades mecánicas y especificaciones de los plásticos y sirve para propósitos de control

PROCEDIMIENTO

- Se mide el ancho y espesor de cada espécimen.
- Hacer dos marcas en el espécimen de una longitud determinada (puede ser una pulgada).
- Ubicar el espécimen en las grapas superior e inferior de la máquina de ensayo, aprisionando firmemente cada extremo del espécimen.
- Seleccionar una determinada velocidad de prueba y comenzar la prueba.
- Registrar la carga soportada por el espécimen y su respectiva elongación, cada cierto tiempo, hasta rotura del material.

3.3.1.5 ENVEJECIMIENTO TERMICO

Método de la IEEE (1976)

Mide la vida útil de un material en función a su temperatura de servicio.

PROCEDIMIENTO

Se escogen unas muestras del aislamiento y se procede a efectuar el envejecimiento en estufas evitando la presencia simultánea de mezclas diferentes, porque la interacción entre ellas falsean los resultados.

Para obtener un punto de la recta de Arrhenius se ensayan varias muestras del material bajo examen, que se vienen retirando a intervalos regulares de la estufa donde envejecen a una temperatura prefijada, de tal manera que se llegue a los límites de carga y alargamiento hasta la rotura correspondientes al material en estudio que marcan el fin de la vida del aislamiento. (0.10 Kgf/mm² y 50%)

Con los valores de temperatura se pueden obtener en teoría los datos necesarios para dibujar la recta de Arrhenius.

3.3.1.6 RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

Método de la ISO/TC 61.

Determina el peso de agua absorbida por un espécimen, como consecuencia de

su inmersión en agua durante un tiempo determinado y a una temperatura específica.

PROCEDIMIENTO

- Se secan en una estufa a $50 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante $24 \pm$ horas, tres especímenes.
- Estos se enfrían en un desecador y cada uno se pesa con una aproximación de 1 mgr. (W_1).
- Se colocan luego en un recipiente con agua destilada a una temperatura de $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$.
- Después de 24 horas se saca y se quita el agua de su superficie con un paño seco y limpio o con papel de filtro.
- Se pesan nuevamente las probetas (W_2).
- El porcentaje de absorción de agua de un espécimen es:

$$(W_2 - W_1) / W_1 \times 100$$

3.3.1.7 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CARBÓN NEGRO EN POLIOLEFINAS

Método según CEPER S.A. (1970)

Determina el porcentaje de carbón negro en Poliolefinas.

PROCEDIMIENTO

- Se toma una porción de muestra, se pesa y se pone en un crisol.
- Luego se introduce el crisol en una mufla a 500°C por espacio de 10 minutos.
- El residuo es enfriado y pesado.
- El residuo es calentado nuevamente hasta 650 °C.
- La ceniza resultante es enfriada y pesada.
- El contenido de carbón negro se determina como:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_3} \times 100$$

m_1 = Masa del residuo (gr)

m_2 = Masa de la ceniza (gr)

m_3 = Masa inicial de la muestra (gr)

3.3.1.8 RESISTENCIA A LOS AGENTES QUIMICOS

Método de la ASTM D-543 (1970)

Determinar la resistencia a los reactivos químicos de los materiales plásticos bajo condiciones establecidas.

PROCEDIMIENTO

- Pesar y medir las dimensiones del espécimen de ensayo.

- Colocar los especímenes en un recipiente adecuado con el reactivo elegido para el ensayo, totalmente inmerso en la solución por 7 días.
- Remover la solución cada 24 horas.
- Al cabo de los 7 días, sacar los especímenes de la solución e inmediatamente pesar y volver a tomar sus dimensiones.
- Anotar cualquier característica que pudiera aparecer luego del ensayo.

D.3.1.9 RESISTENCIA A LAS CONDICIONES ACELERADAS DEL MEDIO

Método de la ASTM D-756 (1970)

Determina los efectos de los plásticos, ocasionados por cambios específicos de la temperatura y de la humedad relativa.

PROCEDIMIENTO

1. El ciclo de ensayo es el siguiente:
 - 24 horas a 60°C y 75% de humedad relativa
 - Pesar la muestra y medir sus dimensiones.
 - Exponer el espécimen por 24 horas en una solución saturada de

cloruro de sodio, para mantener una humedad relativa de 70 a 75% a $60 \pm 1^\circ \text{C}$

- Retirar el espécimen de la solución y colocarlo en el desecador hasta que alcance la temperatura del laboratorio.
- Secar el espécimen, pesarlo y medir sus dimensiones. Inspeccionar visualmente cambios en la superficie, color, olor, etc.

2. El ciclo de ensayo es el siguiente:

24 horas a 80°C en agua destilada semejante al procedimiento 1, sólo que el espécimen se sumerge en agua destilada para mantener una atmósfera húmeda.

3.4 EVALUACION ECONOMICA

evaluación económica está en función a los costos de calidad que comprende costos de prevención, comprobación y de fallos del Folietileno Tradicional, la que servirá como patrón para estimar los costos de calidad del material en estudio si este fuera utilizado en la elaboración de cables telefónicos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS

En el cuadro N° 19 podemos observar lo siguiente:

4.1.1 EL INDICE DE FLUJO OBTENIDO ES:

Para el Material en Estudio (DFDA-6059 LINEAL)

En alta densidad: 0.30

En baja densidad: 0.62

Para el Material Tradicional (DGDJ-3364
NATURAL)

En alta densidad: 0.38

En baja densidad: 0.70

En ambos casos comprobamos que los valores correspondientes al Polietileno Lineal es inferior al Polietileno Tradicional, lo cual indica que el material en estudio (DFDA-6059-LINEAL) tiene mejores propiedades, mecánicas, físicas y eléctricas necesarias para la elaboración de cables telefónicos, en razón a las excelentes variables de manufactura y condiciones de procesamiento.

Por otro lado, comparando los valores experimentales, con los propuestos por el fabricante de Polietileno (UNION CARBIDE CORPORATION).

CUADRO 19

Resultados de las Características Físicas y Químicas

	DFDA-6059 LINEAL		DGDJ-3364 NATURAL	
	A:D	B.D	A.D	B.D
Melt Index (gr/10 min)	0.3	0.62	0.38	0.70
Densidad (gr/cm ³) 23 °c.	0.972	0.928	0.955	0.915
Stress cracking ambiental				
10% IGEPAL, E _h , horas	-	>500	-	144
100% IGEPAL, E _h , horas	-	168	-	72
Resistencia a la Tensión (Mpa)	32.0	19.5	24.0	16.4
Elongación (%)	650	700	600	700
Absorción de humedad (%)	0.08	0.15	0.05	0.92
contenido de carbón negro (%)	-	3.0	-	2.4
Resistencia Química				
En ácido nítrico Diluido (Resistente		Resistente	
En ácido nítrico concentrado (2 N).	Alas 72 horas se observó una degradación total		A las 36 horas se observó una degradación total	
Resistencia a las condiciones aceleradas del medio				
Solucion saturada de cloruro de sodio (75% Hr) y 60 °c	Inicialmente se determinó su carga de rotura (32 Mpa)		Igual que el anterior, su carga de rotura (28 Mpa)	
	<u>Después de 24 horas</u>		<u>Después de 24 Hs</u>	
	su carga de rotura fué : 34.5 Mpa		su carga es 25Mpa	
	- su superficie no sufrió alteración		- su superficie no sufrió alteración	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 UNIÓN DE PROCESOS TÉCNICOS
 BIBLIOTECA CENTRAL

.....

Agua destilada
(100 % Hr y 80 °c)

Inicialmente su
carga de rotura
fué: 29.2 Mpa

Después de 24 Hrs

su carga de rotura
fué : 28.3 Mpa

- su superficie no
sufrió alteración

Inicialmente su
carga de rotura
fué : 25 Mpa

Después de 24 Hrs

su carga de rotura
fué : 23.5 Mpa

- su superficie no
sufrió alteración

Que ilustramos en el cuadro N° 2, también comprobamos que hay una aproximación bastante considerable entre ellos.

4.1.2 LA DENSIDAD OBTENIDA ES:

Para el Material en Estudio (DFDA-6059 LINEAL)

En alta densidad: 0.972

En baja densidad: 0.928

Para el Material Tradicional (DGDJ-3364 NATURAL)

En alta densidad: 0.955

En baja densidad: 0.915

En ambos casos comprobamos que los valores correspondientes al Polietileno Lineal es superior al Polietileno Tradicional, lo cual indica que el material en estudio (DFDA-6059 LINEAL) presenta una mejor cristalinidad; vale decir, un mejor ordenamiento molecular que se refleja en un incremento en su temperatura de fusión lo cual lo hará más resistente a los estragos de la intemperie y garantizará óptimas condiciones para alargar su tiempo de vida.

Comparando los valores, experimentales con los propuestos por el fabricante de Polietileno (UNION CARBIDE CORPORATION), (Cuadro N° 2) vemos que no existe exacta coincidencia. La razón de la desigualdad de valores es atribuible a las inadecuadas condiciones de

laboratorio que atentan en contra de la consecución de resultados más satisfactorios, tales como: Adaptación del equipo a los requerimientos establecidos y fiabilidad del factor humano.

4.1.3 LOS VALORES DE ESFUERZO A LA ROTURA Y ELONGACION ES:

Fara el Material en Estudio (DFDA-6059 LINEAL)

En alta densidad: 32.0 y 650

En baja densidad: 19.5 y 700

Fara el Material Tradicional

(DGDJ-3364-NATURAL)

En alta densidad: 24.0 600

En baja densidad: 16.4 700

Estos resultados de esfuerzo de rotura y elongación, comparados con los valores recomendados por el fabricante (UNION CARBIDE) que se muestran en el cuadro N° 2, fueron superiores, lo que nos indica la conformidad con los requerimientos del fabricante.

4.1.4 EL PORCENTAJE DE CARBON NEGRO SOLO SE DETERMINO EN POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD Y ES:

Fara el Material en Estudio (DFDA-6059 LINEAL)

En baja densidad: 3.0

Fara el Material Tradicional (DGDJ-3364

NATURAL)

En baja densidad: 2.4

Estos valores comparados con los especificados por la UNION CARBIDE (Cuadro N° 2) se aproximan a los mismos, siendo superior en el material en estudio, como consecuencia de su mayor peso molecular.

4.1.5 EN ABSORCION DE HUMEDAD SE OBTUVO:

Para Folietileno Lineal (DFDA-8057 LINEAL)

En alta densidad: 0.05

En baja densidad: 0.15

Para Folietileno Tradicional (DGDJ-3364 .
NATURAL)

En alta densidad: 0.05

En baja densidad: 0.72

Estos valores no cumplen los requerimientos del fabricante (Cuadro N° 2), lo que puede deberse a factores propios del proceso de fabricación.

4.1.6 En resistencia al agrietamiento por acción del medio Ambiente (STRESS CRACKING): el Folietileno Lineal de Baja Densidad dió mejores resultados que el Folietileno Natural de baja Densidad Comparado con los recomendados por la UNION CARBIDE (Cuadro N° 2) como consecuencia de su mayor peso molecular.

Graficamente se pudo comprobar que el material en estudio (DFDA-8057) presentó mayor

resistencia al Stress Cracking respecto al Polietileno natural, como se observa en la fig. 14.

4.1.7 EN ENVEJECIMIENTO TERMICO SE TIENE:

De la figura 15 y 16 podemos observar que el Polietileno Lineal presenta una mejor performance de sus propiedades a través del tiempo; es decir este material tiene un porcentaje de retención de sus propiedades bastante alto, lo cual hace más duradero.

4.1.8 EN RESISTENCIA A LAS CONDICIONES ACELERADAS DEL MEDIO, se obtuvieron los siguientes resultados:

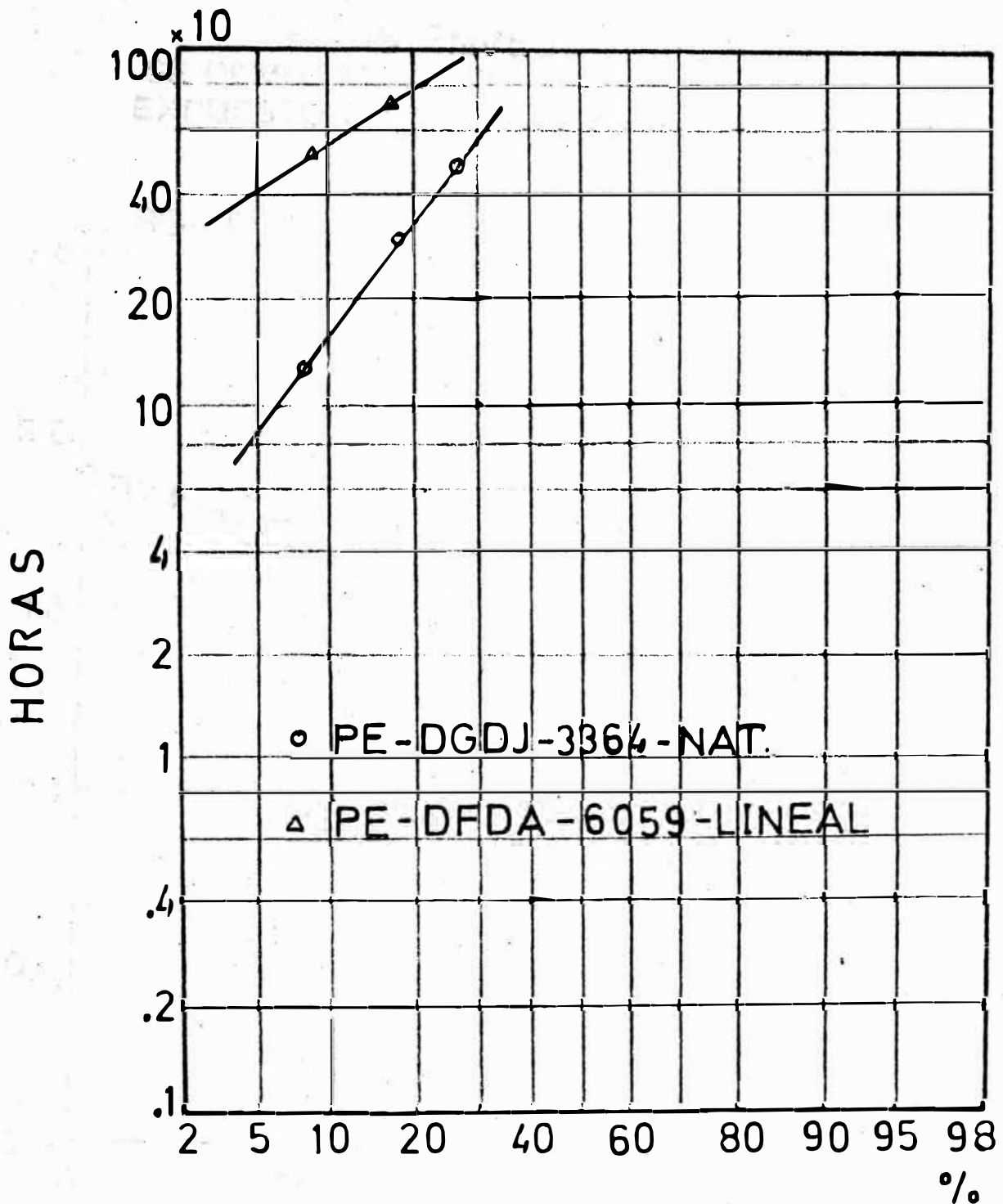
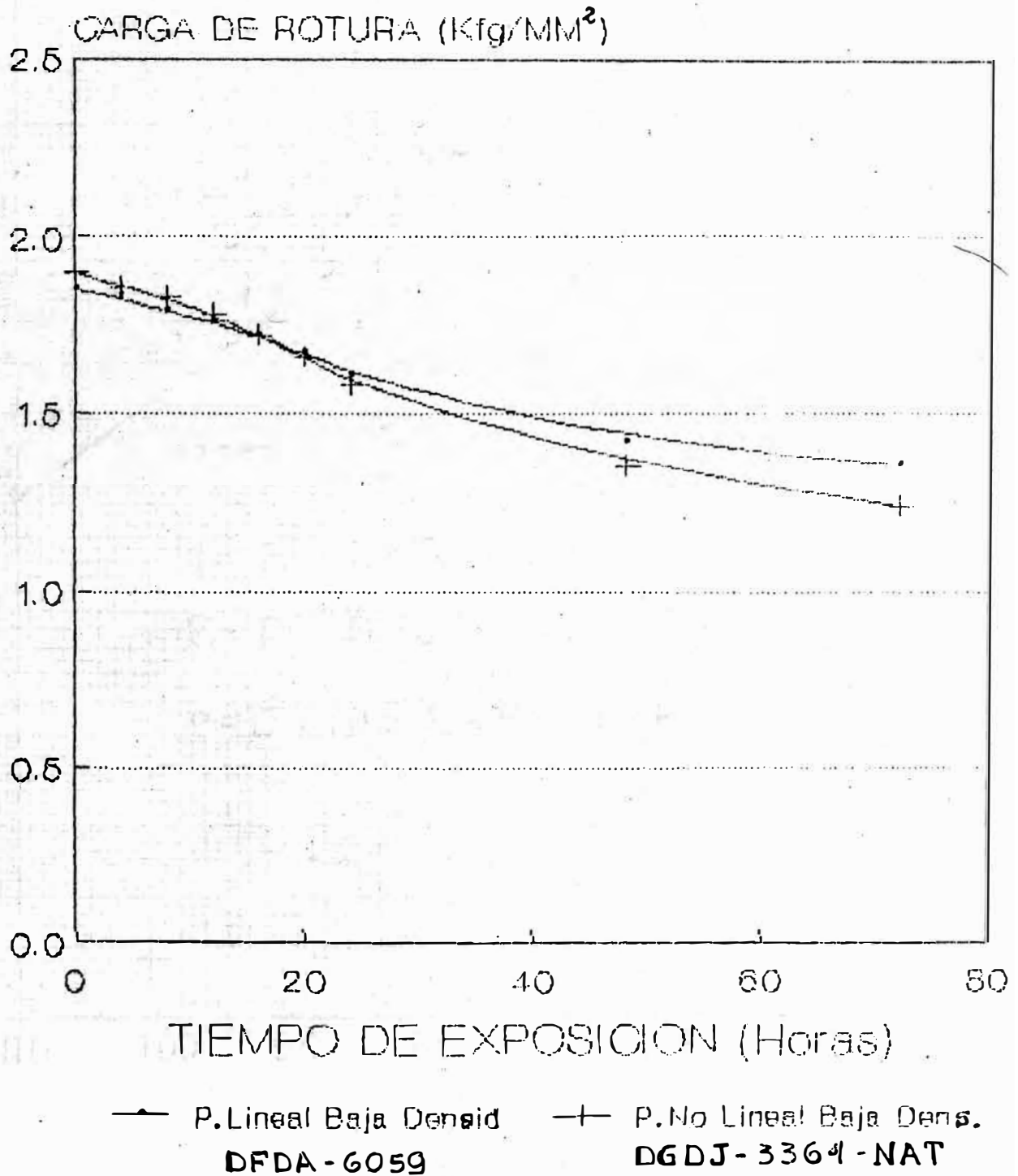


FIG 14: METODO GRAFICO PARA LA DETERMINACION DE PUNTOS DE FALLA

NOTA: EL PRESENTE GRAFICO CORRESPONDE A LOS DATOS EXPERIMENTALES EXPUESOS EN EL ANEXO N° 3

FIG.15 ENVEJECIMIENTO.
SE DEMUESTRA DOS TIPOS DE POLIETILENO,
EXPUESTO EN AIRE A TEMPERATURA DE 60°C



LOGARITMICO 3 x 3

ENVEJECIMIENTO TERMICO

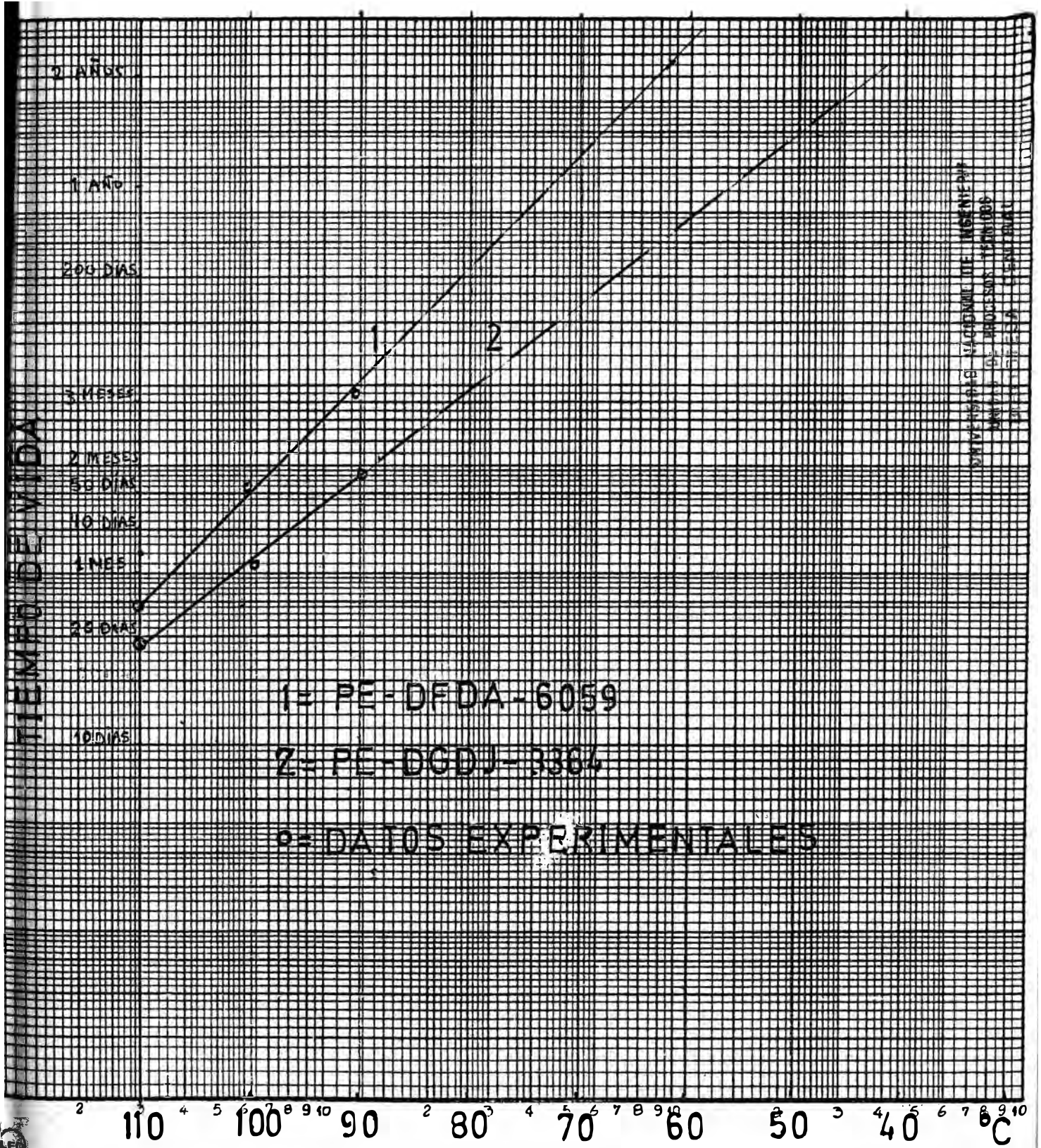


FIG 16

Inicialmente para la carga de rotura en solución saturada de cloruro de sodio y agua destilada fueron:

Para el Material en Estudio (DFDA-8059)

En baja densidad: 32 y 29.2 respectivamente.

Para el Material Tradicional (D6DJ-3364 NATURAL)

En baja densidad: 28 y 25 respectivamente.

Luego de 24 horas de exposición, los valores de carga de rotura en las soluciones mencionadas fueron:

Para Material en Estudio: 34.5 y 28.3 Respect.

Para Folietileno Tradicional: 25.0 y 23.5 respectivamente.

Se aprecia que, el material en estudio dió un incremento de 7.8% respecto al valor inicial en el primer caso, y un descenso de 3.05% en el segundo caso.

En cambio el Folietileno Tradicional dió un descenso en ambos casos de 10.7% y 6% respectivamente.

Estos resultados se pueden considerar aceptables puesto que el porcentaje de retención de sus propiedades es mayor del 85%.

4.1.9 EN RESISTENCIA QUIMICA SE OBTUVIERON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

Del cuadro N° 19, se puede deducir que el Polietileno Lineal de Baja Densidad tiene una mejor estabilidad química respecto al Polietileno Natural en Acido Nítrico concentrado, mientras que en Acido Nítrico diluido no hubo variación en su comportamiento.

**FIG. 17 RESISTENCIA QUIMICA
SE DEMUESTRAN DOS TIPOS DE POLIETILENO,
EXPUESTO EN AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE**

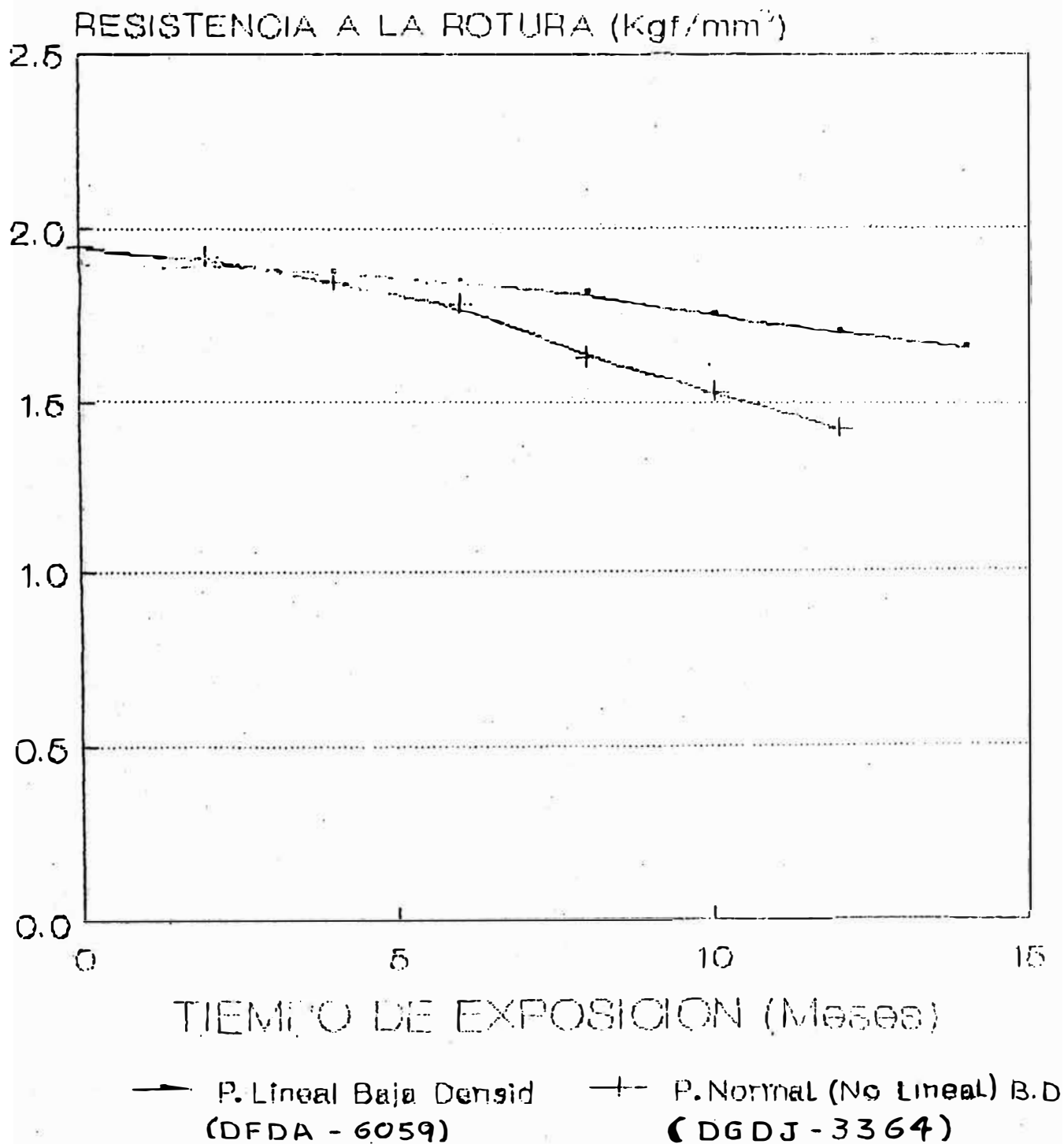
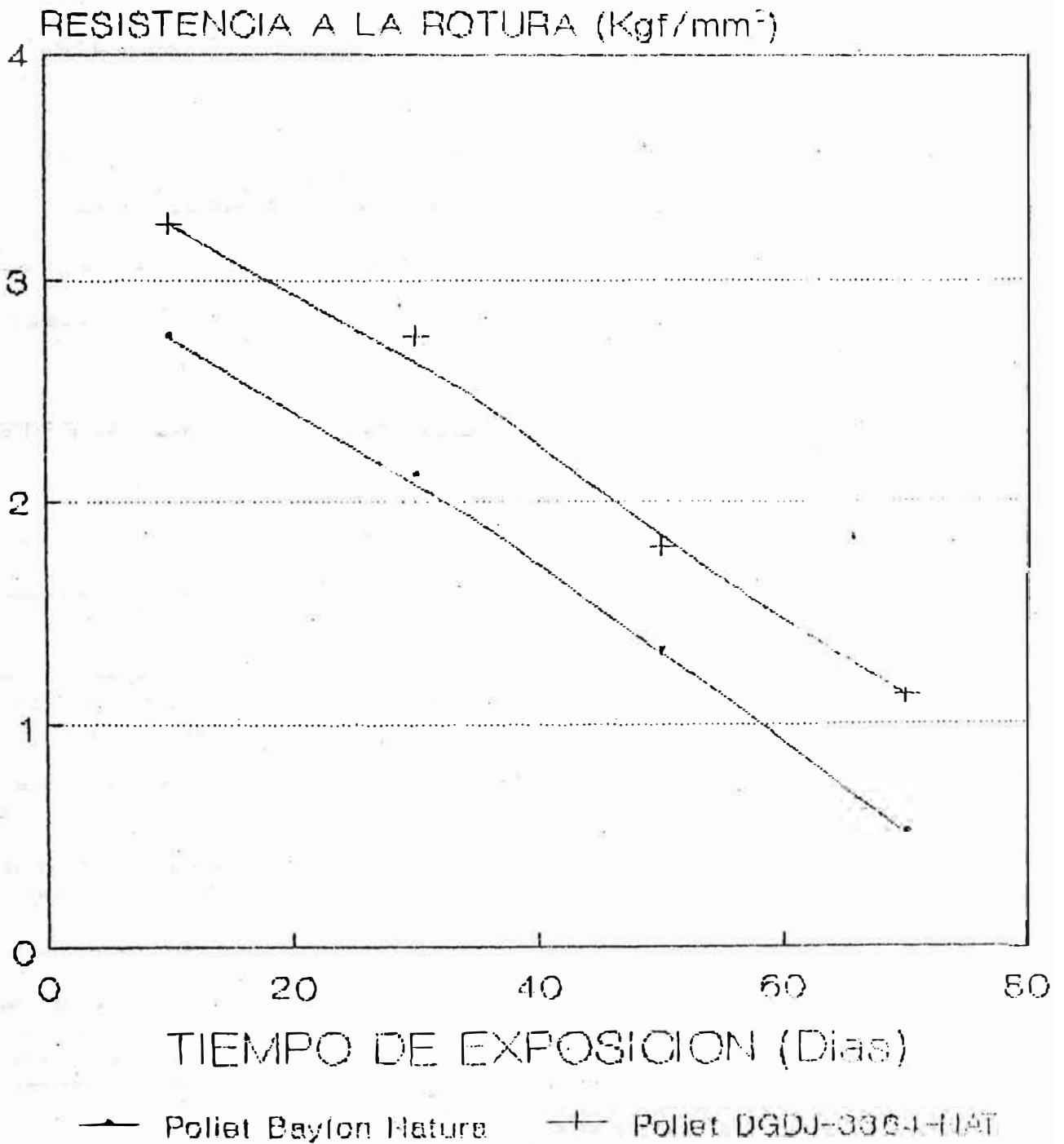


FIG.18 RESISTENCIA QUIMICA:
Medio de exposcion: Agua a Temperatura ambiente



4.2 EVALUACION ECONOMICA EN EL CONTROL DE CALIDAD DE CABLES TELEFONICOS.

Para la evaluación de los costos de calidad se ha considerado tres categorías. Las que son:

- Costos de Prevención
- Costos de Comprobación
- Costos de Fallos

En el cuadro siguiente se muestran las descripciones de las categorías, los elementos de costo más importantes y los costos en (%) de dos semestres consecutivos. (18)

CUADRO N° 20 COSTOS DE CALIDAD

COSTOS DE PREVENCION - 1986		
	1er semestre (%)	2do semestre (%)
Organización y Administración de Control de Calidad	2.0	3.5
Ensayos, Inspección y Control de Proceso	1.0	3.0
Equipo de Inspección, Proyecto y Desarrollo	1.0	2.0
Formación de Calidad	2.0	4.0
Mantenimiento de Equipo	3.0	4.5
Costo Total de Prevención	9.0	17.0

COSTO DE COMPROBACION -1988

Ensayos e Inspección de Recepción	2.0	2.0
Ensayo de Aceptación de laboratorio	1.0	1.0
Laboratorios y otros servicios de medición	1.5	1.5
Inspección	10.0	10.0
Ensayo	2.0	2.0
Mano de obra de comprobación	2.5	2.0
Preparación para ensayos e Inspección	4.0	4.0
Certificación Externa	1.0	0.5
Mantenimiento de Equipo de Inspección y Ensayos	1.0	1.0
COSTO TOTAL DE COMPROBACION	25.0	24.0

COSTO DE FALLOS - 1988

Rechazos de fabricación	15.0	13.0
Recuperación de Piezas por Rechazo de Fabricante	28.0	25.0
Rechazos y Recuperación Culpa de Proveedor	10.0	9.0
Compra de Material	4.0	4.0
Servicio de Ingeniería en la Solución de Problemas de Calidad	4.0	3.0
Reclamaciones - Gastos de Ajuste	5.0	5.0
COSTO TOTAL DE FALLOS	66.0	59.0

El presupuesto destinado para gastos de control de calidad para el año 1966 es aproximadamente:

CUADRO N° 21

	MILES DE DOLARES*
1er SEMESTRE	10.0
2do SEMESTRE	15.0

* Datos proporcionados por el fabricante.

Luego a cada rubro corresponde:

CUADRO N° 22

	MILES DE DOLARES	
	1er	2do
COSTO DE PREVENCION	0.90	2.55
COSTO DE COMPROBACION	2.50	3.60
COSTOS DE FALLOS	6.60	8.85

Como se podrá observar el mayor porcentaje en los costos de calidad se debe principalmente a los rechazos de fabricación, recuperación de piezas por rechazo de fabricante, inspección y rechazos y recuperación culpa de proveedor.

Por lo tanto los mayores costos se originan más por el esfuerzo de corrección que por el de prevención.

Según el Cuadro N° 20, un mayor costo en prevención en el segundo semestre origina menores costos de comprobación y de fallos. Ahora si consideráramos el material en estudio (DFDA-6057 LINEAL), la única variación en el costo sería en el rubro compra de materiales, que recundaría en un mayor gasto para el fabricante y así mismo se incrementaría el precio de venta del producto.

El cuadro siguiente muestra costos comparativos de diferentes tipos de cables en dos años.

CUADRO N° 23

DESCRIPCION	PRECIO ORIGINAL (\$/MT)	
	1988 MES: ENERO	1989 MES: ENERO
CABLE TELEFONICO AISLAMIENTO PLASTICO 600 x 2 x 0.4 m.m.	a 7.93	b 8.10

a: Al 4 de Enero de 1988. 1 dollar Equivalia a 33.00 Intis

b: Al 2 de Enero de 1989. 1 dollar Equivalia a 1779.72 Intis.

Ahora para considerar la incidencia como costo del tipo de material en el cable, consideramos el siguiente cuadro:

Cuadro N° 24

DESCRIPCION	MILES DE DOLARES
	ENERO - 89
Costo de cable telefónico de 600 pares y calibre 0.4 m.m (1 Km de cable)	5.100
Costo de Polietileno Normal de alta y baja densidad en 1 Km. de cable	* , c 3.2109
Costo de Polietileno Lineal de alta y baja densidad en 1 Km. de cable	** , c 4.004

* POLIETILENO NATURAL:	Baja Densidad:	\$/Kg. Promed.
		3.62
	Alta Densidad:	4.17
		4.72
* POLIETILENO LINEAL:	Baja Densidad:	4.25
		5.20
	Alta Densidad:	6.15
c. Peso de Cable (600 x 2 x 0.4 mm)	:	2,200 Kgr/Km.
(según ITINTEC - 370.047)		
Peso de Polietileno en cable	:	770 Kgr/Km.

Del Cuadro N° 24, se deduce que el precio unitario de un cable utilizando Polietileno Lineal sería incrementado en 793.1 dolares.

Del análisis de los cuadros anteriores se puede deducir que en la fabricación de los cables tradicionales, es necesario efectuar fuertes inversiones por efectos de corrección de materiales,

defectuosos, lo que bien se podría evitar minimizando los gastos con la introducción de cables más caros en la fase de fabricación, pero que a la larga implicaría su significativo ahorro a mediano plazo por la garantía que ofrecen las mejores características y propiedades del material que lo hace altamente rentable.

V. CONCLUSIONES

1. Las características físicas y químicas del Polietileno Lineal (DFDA - 6059) son:
 - ° Índice de flujo de alta y baja densidad, 0.50 y 0.62 gr/10 min. respectivamente.
 - ° Densidad, 0.97 y 0.92 gr/cm³.
 - ° Resistencia al fisuramiento ambiental (Stress Cracking), Fo > 500 horas.
 - ° Resistencia a la tensión en alta y baja densidad, 32.0 y 19.5 MPa. respectivamente.
 - ° Elongación en alta y baja densidad, 650 y 700% respectivamente.
 - ° Absorción de humedad de alta y baja densidad, 0.08 y 0.15% respectivamente.
 - ° Contenido de carbón negro de baja densidad, 3%.
 - ° Resistencia química en baja densidad, excelente
 - ° Resistencia a las condiciones aceleradas del medio, excelente.

2. Los valores obtenidos cumplen los requerimientos establecidos por el fabricante (UNION CARBIDE CORPORATION)

3. El Polietileno Lineal (DFDA - 6059) presentó mejores rendimientos, tal es así que ofreció mejores características mecánicas, térmicas y químicas, respecto al Polietileno normal (DGDJ-3364).

4. De acuerdo a las características de Envejecimiento, el Polietileno Lineal (DFDA - 6059) presenta una mayor durabilidad, que el Polietileno tradicional (DGDJ-3364), lo que lo hace más selectivo en la elaboración de cables telefónicos, a pesar de su mayor costo respecto al Polietileno tradicional.
5. Las características Físicas y Químicas obtenidas del material en estudio (DFDA-6059 Lineal) garantizan su utilización en el requerimiento de cubierta y aislamiento de cables telefónicos.
6. La aplicación de un buen sistema de control de calidad trae como consecuencia el mejor conocimiento del proceso de fabricación y el descubrimiento de las causas que en mayor proporción originan los defectos que presentan los productos en proceso.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la elaboración de cables telefónicos utilizando el Polietileno Lineal (DFDA-6059) para justificar su uso en el requerimiento de los mismos.
2. Hacer una evaluación más profunda del Polietileno Lineal (DFDA-6059) para verificar la eficiencia obtenida en este Análisis Preliminar, para garantizar su utilización en la elaboración del cable telefónico.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Anual Book Of ASTM STANDARDS, PART 26-27: Plastics Specifications. 1973
2. American Society for Testing and Material (ASTM) ,part 27,29. 1970.
3. ASTM D-1248-81a. Polyethylene Plastics Molding and Extrusion Material - 1981
4. ASTM D2633-76. Testing for Thermoplastic Insulated and Jacketed Wire and Cable. 1976.
5. Cables para los Servicios de Telecomunicaciones. Masumi Hashimoto - 1985.
6. Comunication Cables and Transmission Systems Siemens -Werner Schubert. 1975.
7. Control Total de la Calidad (Modalidad Japonés. KADRU ISHIKAWA. Editorial Norma. 1975.
8. Engeneering Materials. Baylon Copolimers - 1980.
9. Electrical and Electro-Chemical Treeing Efect in Polyethylene and Crosslinked Polyethylene Cables. G. Bander.
10. Modern Plastics Encyclopedia. 5ta. Edición. 1986-1987.
11. Modern Plastics International. Mc Graw-Hill. 1986.
12. Materieales Aislantes Atóxicos y No Corrosivos. J.M. Arana, H. Martinez. 2^{da} Encuentro Regional Sudamericano en Puerto Iguazú. Jun. - 1987.

13. Planificación y Análisis de la Calidad. J.M. Juran, Frank M. Gryna. Editorial Reverte S.A. 1977.
14. Plásticos Universales by Kunststoffe - 1981.
15. Properties & Testing of Plastics Materials. Lever A.E. 3^{era} Edición. 1968.
16. Res-PE 200. Polyethylene Raw Material.
17. Simposium. Control de Calidad Estadístico Aplicado a Cables Telefónicos. Participantes: SENATI-INDECO PERUANA. Oct. 1980.
18. Teoría y Práctica de Control de Calidad. by Bertrand L. Hansen. Editorial Hispano Europea. 1965.
17. Wire And Cable. UNION CARBIDE CORPORATION - 1980.

A N E X O S

ANEXO 1FORMULAS UTILIZADAS PARA DEFINIR LAS CARACTERISTICAS DE LOS AISLANTES.Constante Dieléctrica

$$E = E_a/E_0$$

E = Constante Dieléctrica

E_a = Constante Dieléctrica Absoluta

E₀ = Constante Dieléctrica en el Vacío

Rigidez Dieléctrica

$$E = U_d/d$$

E = Rigidez Dieléctrica en Kv/cm

U_d = Tensión de Perforación en Kv

d = Distancia entre las Placas de Aislante en cm.

Factor de Pérdidas

$$T_g \delta = I_w/I_c$$

T_gδ = Factor de Pérdidas

δ = Angulo de Pérdidas Dieléctricas

I_w = Corriente Activa

I_c = Corriente Reactiva

ANEXO 2ENVEJECIMIENTO TERMICODESARROLLO DE LA ECUACION DE ARRHENIUS

La expresión que relaciona la vida con la temperatura absoluta viene expresada por:

$$L = A e^{b/T}$$

Donde:

L = Vida (Expresada en Unidades de Tiempo)

T = Temperatura Absoluta (°K)

A y b = Constante (Dimensionales, tiempo y temperatura Respectivamente)

Su expresión en forma logaritmica será:

$$\text{Lg}L = \text{Lg}A + b/T \text{ Lge}$$

Que con cambio de variables $x = 1/T$

Resulta la ecuación de una recta en coordenadas semilogaritmica denominada recta de Arrhenius.

$$\text{Lg}L = \text{Lg}A + b\text{Lg}x \dots\dots\dots (1)$$

Metodología de cálculo para la determinación del envejecimiento térmico, tanto del material tradicional (DGDJ-3365 NATURAL) y del material en estudio (DFDA-6059 LINEAL)

~~VERBA - TITIA NATURAL~~

Haciendo: $y = \text{Log} L$; $a = \text{Log} A$; $b_1 = b \text{ Log} e$

y $x = 1/T$.

Resulta: $Y = a + b_1 X \dots\dots\dots (2)$

Los valores de las constantes de la Ecuación 2 son calculados como:

$$b_1 = \frac{\sum XY - \sum X \sum Y/n}{\sum X^2 - (\sum X)^2/n} \dots\dots\dots (3)$$

$$a = (\sum Y - b_1 \sum X)/n \dots\dots\dots (4)$$

De ecuación 2 :

$$T = 1/X = b_1 / (\text{Log } L - a) \dots\dots\dots (5)$$

Donde T será encontrado para cualquier valor de L.

La ecuación de Arrhenius para cada material es :

. Para el material de estudio:

$$T = 914.976 / (\text{Log } L - 0.438)$$

. Para el material Tradicional:

$$T = 644.47 / (\text{Log } L - 0.9943)$$

MODELOS DE DATOS Y CALCULOS

TEMPERATURA		$x=1/T$	x	VIDA MEDIA, L, HORAS		Y=Log L	
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{K}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-6}$	PE-DIGDJ 3354 NAT	PE-DFDA 6059 LINEAL	PE-DIGDJ 3354 NAT	PE-DFDA 6059 LINEAL
110	383	2.6109	6.8167	475.3	580.80	2.677	2.760
100	373	2.6809	7.1872	775.2	1250.40	2.880	3.097
90	363	2.7548	7.5889	1351.2	2463.50	3.130	3.330
		8.046	21.592			18.687	19.187

ANEXO 3

RESISTENCIA AL RESQUEBRAJAMIENTO AMBIENTAL

(Stress Cracking)

El porcentaje de probetas que ha fallado se determinará mediante una representación gráfica; para ello se utilizará un papel de probabilidades, representando en abcisas el tanto por ciento de rotura y en ordenadas el tiempo de ensayo.

Resultados

	TIEMPO TRANSCURRIDO (HORAS)											
	24	48	76	120	144	192	360	432	504	552	600	720
FE-DFDA -6059										1	1	2
FE-DGDJ -3364					1	1	2	2	2	3	3	3

ANEXO N° 4

ESPECIMENES DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS

Indice de Flujo (Melt Index)

Los espécimes de prueba tendrán la forma de Gránulos, Pellets o cualquier otra que se acondicione a la metodología del ensayo.

Densidad

El espécimen de prueba tendrá la forma de láminas, objetos moldeados y gránulos, los cuales deben estar totalmente secos antes del ensayo.

Resistencia a la fisuramiento ambiental

La probeta tendrá las dimensiones siguientes:

1.5 ± 0.1 pulg. por 0.50 ± 0.03 pulg y el espesor de la misma se especifica en la tabla 1. (Pag. 57)

Resistencia a la Tracción y Elongación

- El espécimen de prueba debe tener las dimensiones de la fig. B, el cual se puede preparar en una máquina de corte. Si las superficies de la probeta presenta irregularidades, se deben pulir estas hasta eliminarlas completamente.
- Para marcar la longitud inicial en la probeta es preferible hacer con tinta.

- Se debe ensayar por lo menos cinco probetas de cada muestra.
- La velocidad de la separación de las grapas de la máquina o equipo de ensayo de tensión es:

Material	Velocidad (mm/min)
Folietileno	150
Policloruro de Vinilo	150
Papel	150
Cobre Recucido suave	300
Aluminio	50

Envejecimiento térmico

El espécimen de prueba tendrá la forma de las probetas estandarizadas para el ensayo de tracción.

Resistencia a la absorción de Humedad

Los especímenes de ensayo deberán tener las siguientes dimensiones 50 ± 1 m.m. de diámetro y 3 ± 0.2 m.m. de espesor, bajo condiciones exigidas por el fabricante del material o bien en las que estén especificadas para cada material.

Contenido de carbón negro

El espécimen de prueba tendrá la forma de Gránulos, Pellets o cualquier otra forma que se adapte al ensayo. Los especímenes deben estar totalmente secos.

Resistencia Química

El espécimen de prueba va a depender de la prueba posterior a este ensayo. Por ejemplo si se desea probar su propiedad mecánica deberán tener la forma de las probetas estandarizadas para el ensayo de tracción.

Resistencia a las condiciones aceleradas del medio

La forma del espécimen dependerá de la prueba posterior a este ensayo.