745.59332
F126
2001

3036

INFORME FINAL

PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
200-2138

MEJORAS DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE VELAS DECORATIVAS

EJECUTOR : FÁBRICA DE VELAS YOSSI LIMITADA

RESPONSABLE ANTE FONTEC : GUIDO JARA GUIÑEZ

JEFE DI : LEONEL NÚÑEZ LAZO

745.59332
F 126
2001

FECHA : JULIO DE 2001

PRESENTACIÓN

En el último decenio, se constata que el país ha sabido enfrentar con éxito el desafío impuesto por la política de apertura en los mercados internacionales, alcanzando un crecimiento y desarrollo económico sustentable, con un sector empresarial dinámico, innovador y capaz de adaptarse rápidamente a las señales del mercado.

Sin embargo, nuestra estrategia de desarrollo, fundada en el mayor esfuerzo exportador y en un esquema que principalmente hace uso de las ventajas comparativas que dan los recursos naturales y la abundancia relativa de la mano de obra, tenderá a agotarse rápidamente como consecuencia del propio progreso nacional. Por consiguiente, resulta determinante afrontar una segunda fase exportadora que debe estar caracterizada por la incorporación de un mayor valor agregado de inteligencia, conocimientos y tecnologías a nuestros productos, a fin de hacerlos más competitivos.

Para abordar el proceso de modernización y reconversión de la estructura productiva del país, reviste vital importancia el papel que cumplen las innovaciones tecnológicas, toda vez que ellas confieren sustentación real a la competitividad de nuestra oferta exportable. Para ello, el Gobierno ofrece instrumentos financieros que promueven e incentivan la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas productoras de bienes y servicios.

El Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo FONTEC, organismo creado por CORFO, cuenta con los recursos necesarios para financiar Proyectos de Innovación Tecnológica, formulados por las empresas del sector privado nacional para la introducción o adaptación y desarrollo de productos, procesos o de equipos.

Las Líneas de financiamiento de este Fondo incluyen, además, el apoyo a la ejecución de proyectos de Inversión en Infraestructura Tecnológica y de Centros de Transferencia Tecnológica a objeto que las empresas dispongan de sus propias instalaciones de control de calidad y de investigación y desarrollo de nuevos productos o procesos.

De este modo se tiende a la incorporación del concepto "Empresa - País", en la comunidad nacional, donde no es sólo una empresa aislada la que compite con productos de calidad, sino que es la "Marca - País" la que se hace presente en los mercados internacionales.

El Proyecto que se presenta, constituye un valioso aporte al cumplimiento de los objetivos y metas anteriormente comentados.

FONTEC - CORFO

INFORME FINAL
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA 200-2138

"MEJORAS DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE VELAS DECORATIVAS"

EMPRESA SOCIEDAD COMERCIAL YOSSI LIMITADA

INICIO 21 DE JULIO DE 2000 TÉRMINO 21 DE JULIO DE 2001

A) RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto se centra en el desarrollo de tecnologías y procesos de producción de velas decorativas de parafina sólida, de alta productividad, diferentes a la tecnología convencional de fusión-moldeo-solidificación.

BIBLIOTECA CORFO

La empresa produce velas cilíndricas y velas decorativas de diversos diseños, estas últimas generan, proporcionalmente, mayores ingresos que las velas cilíndricas. Sin embargo, la técnica de producción actual condiciona la productividad y en consecuencia limita la oferta, ya que el factor controlante de producción es el tiempo de solidificación. La hipótesis de trabajo que sustentó el desarrollo de este proyecto se centra en la eliminación del control del proceso productivo por parte de la variable tiempo de solidificación.

Se estudiaron técnicas de producción aplicables a la parafina sólida, que permitieran producir formas diversas y brindaran alta productividad. Se decidió desarrollar la técnica de producción a partir de polvos de parafina seguida de compactación unidireccional. Sobre la base de estudios básicos de habilidad de la parafina para experimentar procesos de deformación y considerando la información aportada por proveedores extranjeros sobre parafina granulada, se consiguió diseñar y desarrollar una planta piloto de producción consistente de un atomizador para la producción de polvos y una prensa vertical de dos herramientas. Se condujeron pruebas de producción de polvos atomizados y de compactación de formas axisimétricas.

Las principales conclusiones del proyecto indican que es posible desarrollar velas decorativas de formas axisimétricas a partir de polvos atomizados, con costos de operación del orden de un 10% de los costos del proceso actual.

B) EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

Desde su constitución como sociedad la empresa ha crecido a un ritmo sostenido, iniciando su consolidación como productor de gran calidad. Esto se asocia a la maduración que ha experimentado en términos de procesos de producción y gestión empresarial. En este sentido, la dirección de la empresa ha emprendido esfuerzos tendientes a mejorar sus instalaciones productivas a través de un proyecto de modernización y complementación productiva.

Sin embargo, uno de los productos de mayor impacto para la empresa, *la vela con forma* o *vela decorativa* (esferas, soles, estrellas, pirámides, etc.), no es susceptible de experimentar mejoras tecnológicas por la vía convencional que se sigue para la producción de velas cilíndricas. La razón es simple, el diseño de las formas a moldear complica las operaciones productivas y no es posible producir velas con forma mediante la técnica de moldeado en máquinas. No existen máquinas moldeadoras de formas que proporcionen la productividad que proporcionan las moldeadoras cilíndricas.

Por otro lado, la materia prima que se emplea para la producción de velas, la parafina sólida, tiene características y propiedades que la hacen candidata para diversos procesos productivos diferentes del tradicional fusión-moldeado-solidificación, de manera que esto presenta una potencial ventaja para el desarrollo de nuevos procesos y técnicas de manufactura de alta productividad. El material posee baja temperatura de fusión (del orden de 40-60 °C) y gran trabajabilidad en estado sólido. De manera que puede ser mecanizado mediante las técnicas de arranque de viruta, o formado mediante prensas de forjar, o extruído e incluso estirado. Además, es factible que también pueda ser trabajado en forma de partículas y luego aglomerado con la forma deseada, de una manera similar a como se trabajan los polvos metálicos en pulvimetalurgía. Hay que pensar que cualquiera de estas técnicas permite la producción de *velas decorativas* con gran rendimiento y alta calidad.

La empresa se plantea como objetivo de este proyecto el desarrollo y adaptación de tecnologías para generar un sistema de producción de *velas con forma* de alta productividad, diferente al sistema convencional. Por otro lado, otro objetivo es tecnificar la industria y el sector, desarrollando y adaptando técnicas de control de calidad que le permitan penetrar el mercado con productos de excelencia. En este sentido, cabe destacar que el consumidor no maneja los conceptos de calidad de estos productos y es importante notar que ellos se relacionan con la potencia lumínica que proporcionan, su presentación, peso y su compacidad.

Cabe destacar que, según el conocimiento de la empresa, no existen en el país tecnologías de producción como las que este proyecto plantea, todo lo que se hace se produce de manera artesanal o mediante la técnica de moldeo convencional.

Dicha técnica es de baja productividad, por estar controlada por el tiempo de solidificación del producto.

El tipo de innovación que se desarrolla se enmarca dentro de la categoría de **MEJORA SIGNFICATIVA DE PROCESOS Y PRODUCTOS EXISTENTES,** puesto que corresponde a un paquete tecnológico que desarrolla técnicas de producción de alto rendimiento y un sistema de control de calidad que permite caracterizar y garantizar el desempeño de tales productos.

C) METODOLOGÍA Y PROGRAMA DE TRABAJO

La metodología de investigación y desarrollo, de los productos y servicios que se emplearon en este proyecto de IT, se compone de los siguientes aspectos:

a) Análisis del estado del arte de tecnologías de manufacturación de productos símiles en forma y materia prima, esto es: técnicas y tecnologías de manufacturación de plásticos y metales blandos. Incluye una visita a un centro de alta tecnología en Europa, con el objeto de apreciar en terreno la evolución de la técnica en este rubro. Lo que se logra, en general, es tener una clara idea de las posibilidades de procesamiento aplicables, identificar las principales tendencias, las técnicas de pre y post proceso, las variables relevantes de procesamiento y los aspectos de control a tener en cuenta. Por otro lado, se profundiza sobre el conocimiento de la materia prima, sus factores de selección, propiedades básicas y tecnológicas.

b) Estudio experimental de la materia prima: se caracteriza química, física y mecánicamente y analiza los productos importados. Muestras seleccionadas de parafina se someten a ensayos de caracterización de propiedades. Se incluyen muestras de materia prima provenientes de Brasil y Alemania. En total se trabaja con unas 10 muestras de cada proveedor, para examinar las siguientes propiedades: Composición, contenido de impurezas, propiedades mecánicas (dureza y resistencia característica), propiedades termofísicas (intervalo de fusión, calor latente, calor específico). Por otro lado, también en esta fase se estudian las propiedades tecnológicas de la materia prima, mediante ensayos ad-hoc: i) Resistencia a la compresión de especímenes planos y cilíndricos, para evaluar su habilidad para procesarse mediante técnicas de deformación, ii) Habilidad para formar fases dispersas mediante ensayos de mecanizado y dispersión por atomización/pulverización y iii) Habilidad para consolidar fases dispersas mediante técnicas de deformación (forjado y extrusión principalmente). Con esto se tiene una base de conocimiento razonable para evaluar alternativas de procesamiento.

c) Estudio experimental de técnicas de procesamiento aplicables: Se estudian las técnicas de forja y extrusión de productos monolíticos y dispersos, puesto que la técnica de colada asistida (centrífuga y asistida por presión) fue descartada de acuerdo a información presentada en Informe Técnico anexo.

   Las variables controlables son el tamaño de las piezas (dadas por el diseño de las formas, siempre se explora el tamaño mínimo y el máximo) y la formulación de la materia prima. Para los ensayos de forja y extrusión se explora el comportamiento de las variables: fuerza/potencia de proceso y calidad del producto versus tipo de materia prima y tamaño de las formas a producir.

   Para estos efectos se desarrollan pruebas de compresión, forja y extrusión en condiciones controladas, empleando una máquina de tracción INSTRON modelo TTDM de 10 toneladas de capacidad. Para mayor detalle referirse a Informe Técnico anexo.

d) Diseño y realización de un programa de ensayes de productos: rendimiento y duración, potencia lumínica, propiedades mecánicas. De los productos actuales de la fábrica y de aquellos desarrollados bajo este proyecto se tomaron muestras típicas de 5-10 unidades que se ensayaron para examinar su rendimiento de combustión, su potencia lumínica y su dureza post proceso. Las variables controladas son el tipo de producto y su razón de diámetro pabilo/diámetro de vela. Las técnicas y métodos a emplear corresponden o se adaptaron a partir de las dadas por ASTM para ensayos normalizados.

e) Diseño de un prototipo de la tecnología seleccionada y evaluación a nivel productivo. Con la información que aportan las pruebas y evaluaciones precedentes, se diseñó un prototipo de línea de proceso. En general este consiste de una unidad de preparación de materia prima y básicamente una prensa de extruir/inyectar y forjar. Dicho prototipo se ensambló y se sometió a pruebas de producción que permitieron evaluar los siguientes parámetros: i) Productividad (se toman los diseños de velas mas críticos en cuanto a forma y tamaño), ii) Rendimiento en términos de tonelaje total producido vs tonelaje de materia prima ingresada a proceso), iii) Consumo de potencia y energía y iv) costos de producción.

El programa de trabajo de este proyecto consistió de las siguientes actividades:

Nº	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PLAZO MESES	ACT PREVIA
1	Estudio bibliográfico y análisis de tendencias tecnológicas en manufacturación de productos de parafina sólida (PS)	Revisión de bibliografía especializada, búsqueda por internet, contacto con centros de maquinaria y procesamiento de productos, planeamiento visita técnica a centro especializado	1	
2	Visita técnica a centro especializado en procesamiento de productos de parafina sólida (PS)	Revisión de tecnologías aplicables para procesamiento de PS, contacto con fabricantes y vendedores de maquinaria nueva y usada, contacto con productores de PS y análisis de nuevas aplicaciones para productos de PS	0,5	
3	Caracterización tecnológica de la materia prima (material virgen y reciclado)	Análisis y evaluación de: propiedades químicas, físicas y mecánicas Evaluación de propiedades tecnológicas	1,5	1,2
4	Análisis de tecnologías aplicables para la producción de alto rendimiento de productos de PS	Análisis y evaluación de: técnicas de colada asistida (centrifugación, inyección), técnicas de inyección y prensado en estado semisólido y sólido. Conducción de experimentos de prueba para cada técnica seleccionada y evaluación de sus parámetros tecnológicos básicos	3	3
5	Diseño, fabricación y pruebas de una unidad prototipo para producción de productos de PS	Diseño de unidad prototipo, construcción y pruebas de producción de al menos siete productos diferentes. Evaluaciones de la performance de la unidad, evaluaciones de costos de producción, evaluaciones de comportamiento de los moldes y utilajes	5	4
6	Diseño y realización de un programa de ensayes de productos	Ensayes de rendimiento, evaluación de potencia lumínica, evaluación propiedades mecánicas. Análisis de los resultados, correlación de las variables y emisión de un documento base de control de procesos y control de calidad	3	5
7	Correcciones y síntesis	Optimización de la unidad y preparación de planos definitivos, preparación de manuales de producción, preparación de manuales de producto	1	5

BIBLIOTECA CORFO

D) RESULTADOS

Los principales resultados del proyecto son los siguientes:

- Se desarrolló una tecnología de producción de velas decorativas de formas axisimétricas, que se basa en el procesamiento de polvos de parafina sólida mediante la técnica de compactación unidireccional.
- El costo de operación de la técnica, evaluado con los resultados obtenidos en una unidad piloto, es sustantivamente inferior al costo de operación actual de la empresa.

El detalle de los desarrollos y resultados logrados se informa en el anexo Informe Técnico adjunto.

E) IMPACTOS DEL PROYECTO

Los principales resultados del proyecto generan alto impacto para la empresa y para el mercado relacionado, ya que implican un cambio tecnológico drástico equivalente a un cambio de filosofía de producción. El primer impacto se relaciona con la materia prima para la producción de velas, de ahora en adelante la industria trabaja con polvos de parafina. El segundo impacto se relaciona con la forma de producción, de ahora en adelante la empresa puede prescindir de sus actuales instalaciones y emplear equipamientos radicalmente diferentes, de alta productividad. El tercer impacto radica en los costos de producción, que con la tecnología desarrollada alcanzan niveles nunca pensados. Pero por sobre todo, la empresa siente el impacto de la tecnificación de sus operaciones, un efecto insospechado anteriormente.

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO

ANEXO Nº 1

RESUMEN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE INNOVACION TECNOLOGICA

1. ANTECEDENTES GENERALES

Fecha: 23 de JULIO de 2001

Código del proyecto	200-2138

Titulo del proyecto	"Mejoras del Proceso Productivo para la Elaboración de Velas Decorativas"
Empresa	Comercial Yossi Limitada
Informe de Avance Nº	2
Total Informes de avance	2

2. CUADRO DE RESUMEN DE ACTIVIDADES

2.1 Actividades programadas (según carta Gantt)
• Estudio bibliográfico y análisis de tendencias tecnológicas en manufacturación de productos de parafina sólida (PS). • Visita técnica a centro especializado en procesamiento de productos de parafina sólida (PS). • Caracterización tecnológica de la materia prima (material virgen y reciclado). • Análisis de tecnologías aplicables para la producción de alto rendimiento de productos de PS. • Diseño, fabricación y pruebas de una unidad prototipo para producción de productos de PS • Diseño y realización de un programa de ensayes de productos • Correcciones y síntesis
2.2 Actividades efectivamente ejecutadas
✓ Estudio bibliográfico y análisis de tendencias tecnológicas en manufacturación de productos de parafina sólida (PS). ✓ Visita técnica a centro especializado en procesamiento de productos de parafina sólida (PS). ✓ Caracterización tecnológica de la materia prima (material virgen y reciclado). ✓ Análisis de tecnologías aplicables para la producción de alto rendimiento de productos de PS. ✓ Diseño, fabricación y pruebas de una unidad prototipo para producción de productos de PS ✓ Diseño y realización de un programa de ensayes de productos ✓ Correcciones y síntesis

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO

2.3 Comentarios (USO EXCLUSIVO FONTEC)

Representante Legal
Empresa

URBANO Y ASOCIADOS
CONTADORES, CONSULTORES LTDA.
Contador
Empresa

Ejecutivo de Proyectos
FONTEC

La información que respalda la presente rendición se encuentra disponible en el departamento de contabilidad de la empresa para cualquier consulta o revisión por parte de FONTEC u otro organismo fiscalizador.
Declaro bajo juramento que los datos contenidos en esta declaración de gastos son verídicos. Asimismo, declaro conocer las disposiciones relativas a sanciones en caso de suministrar informaciones incompletas, falsas o erróneas.

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO

ANEXO Nº 2

CONTROL DE AVANCE FINANCIERO
PROYECTOS DE INNOVACION TECNOLOGICA

1. DATOS GENERALES

Fecha: 23 de JULIO de 2001

Nombre del ejecutivo	MARICHEN GALDAMES

Titulo del proyecto	"Mejoras del Proceso Productivo para la Elaboración de Velas Decorativas"
Código del proyecto	200-2138
Fecha de la visita	

Nº total de informes	2
Nº de informe referido	2

BIBLIOTECA CORFO

2. RESUMEN DE AVANCE FINANCIERO

Item	Costos programados, M$	Costos reales, M$
Personal de investigación	18.414	18.509
Personal de apoyo	7.924	7.924
Servicios, materiales y otros	10.063	10.265
Uso de bienes de capital	5.791	5.791
Adquisición de bienes de capital	16.319	16.426
Totales	58.511	58.915

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO

ANEXO Nº 2

CONTROL DE AVANCE FINANCIERO
PROYECTOS DE INNOVACION TECNOLOGICA

1. DATOS GENERALES

Fecha: 22 de JULIO de 2001

Nombre del ejecutivo	MARICHEN GALDAMES

Titulo del proyecto	"Mejoras del Proceso Productivo para la Elaboración de Velas Decorativas"
Código del proyecto	200-2138
Fecha de la visita	

Nº total de informes	2
Nº de informe referido	2

2. RESUMEN DE AVANCE FINANCIERO

Item	Costos programados, M$	Costos reales, M$
Personal de investigación	18.414	18.509
Personal de apoyo	7.924	7.924
Servicios, materiales y otros	10.063	10.265
Uso de bienes de capital	5.791	5.791
Adquisición de bienes de capital	16.319	16.426
Totales	58.511	58.915

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO

3. DETALLE DE GASTOS

PERSONAL DE INVESTIGACIÓN		GASTOS, M$
Director del Proyecto	GJ	2.093
Investigador Equipos y Procesos	LN	2.324
Investigador Calidad	CC	3.767
Total parcial (2)		8.184
Total acumulado (2)		18.509

PERSONAL DE APOYO		GASTOS, M$
Proyectista/Asistente	FY	2.790
Supervisor de Producción	GV	670
Administración & Abastecimientos	KP	614
Total parcial (2)		4.074
Total acumulado (2)		7.924

SERVICIOS MATERIALES Y OTROS	Gastos, M$
Materiales de oficina	118
Fotocopias	22
Parafina sólida	178
Colorantes y otros insumos	72
Cajas de cartón	74
Ensayos mecánicos	2.530
Termocupla	244
Moldes para pruebas	1.724
Total parcial (2)	4.962
Total acumulado (2)	10.265

USO DE INFRAESTRUCTURA	GASTOS, M$
Infraestructura y gastos generales	2.896
Total parcial (2)	2.896
Total acumulado (2)	5.791

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO

ADQUISICIÓN DE BIENES DE CAPITAL	GASTOS, M$
FABRICACIÓN TORRE DE ATOMIZACIÓN Y CICLÓN SEPARADOR	1.850
FABRICACIÓN MÁQUINA DE VELAS	360
FABRICACIÓN FUNDIDOR ELÉCTRICO, ATOMIZADORES Y MEZCLADOR	3.250
MATERIALES Y FABRICACIÓN DE BASTIDOR Y OTROS	8.651
REPARACIÓN ESTANQUES DE PARAFINA	792
CAMBIO DE CIRCUITO DE REDES DE AGUA	960
Total parcial (2)	15.863
Total acumulado (2)	38.799

Total acumulado proyecto, M$	58.985

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO

2.3 Comentarios (USO EXCLUSIVO FONTEC)

Representante Legal
Empresa

URBANO Y ASOCIADOS
CONTADORES CONSULTORES LTDA.
Contador
Empresa

Ejecutivo de Proyectos
FONTEC

La información que respalda la presente rendición se encuentra disponible en el departamento de contabilidad de la empresa para cualquier consulta o revisión por parte de FONTEC u otro organismo fiscalizador.
Declaro bajo juramento que los datos contenidos en esta declaración de gastos son verídicos. Asimismo, declaro conocer las disposiciones relativas a sanciones en caso de suministrar informaciones incompletas, falsas o erróneas.

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO

ANEXO N° 3

IMPLEMENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

CÓDIGO DEL PROYECTO	200-2138
TÍTULO DEL PROYECTO	MEJORAS DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE VELAS DECORATIVAS
EMPRESA	SOCIEDAD COMERCIAL YOSSI LTDA.

IMPLEMENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

1. PRINCIPALES RESULTADOS

- Se desarrolló una tecnología de producción de velas decorativas axisimétricas, que consiste esencialmente en un método de compactación unidireccional mediante una prensa hidráulica.
- Se desarrolló una técnica de producción de polvos de parafina sólida, por atomización con aire comprimido a baja presión.
- Se desarrolló una planta piloto de producción de velas decorativas consistente de una unidad de atomización de polvos, un conjunto de equipos de apoyo para tamizar y mezclar los polvos, y una prensa vertical de dos herramientas.
- Los costos de operación de la tecnología desarrollada son sustantivamente inferiores a los costos de operación actuales, lo que ofrece grandes perspectivas al negocio.

BIBLIOTECA CORFO

2. ACCIONES PARA IMPLEMENTAR EL PROYECTO A ESCALA PRODUCTIVA

- La empresa se ha planteado un programa de entrenamiento y adopción de la tecnología desarrollada, tendiente a capacitar a su personal y a completar el conocimiento de las posibilidades que ofrece la técnica.
- La empresa está desarrollando manuales de control de procesos productivos y de productos, tendientes a obtener una certificación interna de calidad para mejorar su imagen frente a sus clientes.
- Actualmente se desarrolla la matricería necesaria para cubrir el 100% de los productos axisimétricos que se pueden procesar mediante la técnica desarrollada.
- Una campaña de marketing en supermercados y grandes distribuidores emplea como eslabón la tecnología desarrollada en el proyecto.
- La planta piloto desarrollada en el proyecto, pronto se transformará en una planta productiva mediante la ejecución de obras de suministro de aire comprimido y aumento de la capacidad eléctrica instalada.

DETALLE DE GASTOS

- PERSONAL DE INVESTIGACIÓN
- PERSONAL DE APOYO
- SERVICIO, MATERIALES Y OTROS
- ADQUISICIÓN DE BIENES DE CAPITAL
- USO DE INFRAESTRUCTURA

PERSONAL DE INVESTIGACIÓN

DESCRIPCIÓN DE CARGOS	IDENTIFICACIÓN	GASTOS, M$
DIRECTOR DEL PROYECTO	GUIDO JARA GUIÑEZ	2.093
INVESTIGADOR EQUIPOS Y CALIDAD	INNOVATEC YNC LTDA.	2.324
INVESTIGADOR DE CALIDAD	CARLOS COOPER	3.767
TOTAL PARCIAL (2)		8.184
TOTAL ACUMULADO		18.509

SERVICIOS, MATERIALES Y OTROS

ITEM DE DESTINO	GASTOS,
Materiales de oficina	118
Fotocopias	22
Parafina sólida	178
Colorantes y otros insumos	72
Cajas de cartón	74
Ensayos Mecánicos	2.530
Termocupla flexible	244
Moldes para pruebas	1.724
TOTAL PARCIAL (2)	4.962
TOTAL ACUMULADO	10.265

PROYECTO FONTEC 200-2138
"MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE VELAS DECORATIVAS"

DETALLE DE SERVICIOS, MATERIALES Y OTROS

Nº	ITEM DE DESTINO	PROVEEDOR	FACTURA	VALOR
1	Materiales de oficina	NARANJO Y CÍA LTDA	7308	55.357
2	Materiales de oficina	NARANJO Y CÍA LTDA	7738	62.160
3	Fotocopias *	NARANJO Y CÍA LTDA	7703	9.200
4	Fotocopias	DAVIDIVICH	52354	4.889
5	Fotocopias *	LÁPIZ LÓPEZ	1139582	7.619
6	Parafina sólida	QUÍMICA LUTROMO	214032	65.375
7	Parafina sólida	QUÍMICA LUTROMO	213254	112.450
8	Colorantes y otros insumos	GUTIERREZ Y ROVIRA LTDA.	23352	6.419
9	Colorantes y otros insumos	GUTIERREZ Y ROVIRA LTDA.	23311	2.413
10	Colorantes y otros insumos	HARDING Y CÍA LTDA	438501	63.300
11	Cajas de cartón	MALLAS Y PLÁSTICOS LTDA	255968	44.554
12	Cajas de cartón	KAY DENISE	4178	8.000
13	Cajas de cartón	KAY DENISE	4256	4.020
14	Cajas de cartón	KAY DENISE	4341	11.500
15	Cajas de cartón	KAY DENISE	4300	6.000
16	Ensayos Mecánicos **	CARLOS YÁÑEZ	42	810.000
17	Ensayos Mecánicos **	BERNARDO OROSTICA	40	70.000
18	Análisis Químicos, calcinación y ensayos	COALMET S.A.	6976	1.650.000
19	Termocupla flexible	PALAVECINO Y NAVIA LTDA	297476	67.069
20	Termocupla flexible	PALAVECINO Y NAVIA LTDA	297579	39.516
21	Termocupla flexible	PALAVECINO Y NAVIA LTDA	297723	14.805
22	Termocupla flexible	PALAVECINO Y NAVIA LTDA	296821	15.568
23	Termocupla flexible	PALAVECINO Y NAVIA LTDA	296684	26.900
24	Termocupla flexible	PALAVECINO Y NAVIA LTDA	296553	80.656
25	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4928	32.085
26	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4877	167.017
27	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4830	88.928
28	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4684	91.237
29	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4663	91.610
30	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4602	75.339
31	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4344	62.729
32	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4330	73.568
33	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4296	68.619
34	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4249	211.542
35	Moldes para pruebas	SERVIMETAL	4121	137.288
36	Moldes para pruebas	LUIS FUENTES	48	145.000
37	Moldes para pruebas	HILADOS SECHA	4111	10.000
38	Moldes para pruebas	ACERMET	535751	47.461
39	Moldes para pruebas	JOSÉ CORREA	10285	33.093

PROYECTO FONTEC 200-2138
"MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE VELAS DECORATIVAS"

Nº	ITEM DE DESTINO	PROVEEDOR	FACTURA	VALOR
40	Moldes para pruebas	AZOCAR Y CÍA	1341	9.745
41	Moldes para pruebas	AZOCAR Y CÍA	1237	15.508
42	Moldes para pruebas	PALAVECINO Y NAVIA LTDA	292937	34.730
43	Moldes para pruebas	MANUMET	20164	60.899
44	Moldes para pruebas	COMERCIAL MONTESA	9862	80.100
45	Moldes para pruebas	R. FUSTER Y CÍA LTDA	363521	40.678
46	Moldes para pruebas	SOC.COM DON JOSÉ	2679	147.000

* PORCIÓN DE LA FACTURA
** BOLETA DE HONORARIOS

ADQUISICIÓN DE BIENES DE CAPITAL

Nº	DESCRIPCIÓN	GASTOS, M$
1	FABRICACIÓN TORRE DE ATOMIZACIÓN Y CICLÓN SEPARADOR	1.360
2	FABRICACIÓN TORRE DE ATOMIZACIÓN Y CICLÓN SEPARADOR	490
3	FABRICACIÓN MÁQUINA DE VELAS	360
4	FABRICACIÓN FUNDIDOR ELÉCTRICO Y ATOMIZADORES	1.750
5	FABRICACIÓN FUNDIDOR ELÉCTRICO, ATOMIZADORES Y MEZCLADOR	1.500
6	REPARACIÓN ESTANQUES DE PARAFINA	792
7	CAMBIO DE CIRCUITO DE REDES DE AGUA	960
8	MATERIALES Y FABRICACIÓN DE BASTIDOR Y OTROS	3.990
9	SUMINISTRO DE MATERIALES Y FABRICACIÓN DE BASTIDOR 10 TON	4.661
TOTAL PARCIAL (2)		15.863
TOTAL ACUMULADO		16.426

PROYECTO FONTEC 200-2138
"MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE VELAS DECORATIVAS"

DETALLE DE ADQUISICIÓN DE BIENES DE CAPITAL

Nº	DESCRIPCIÓN	FACTURA	VALOR NETO
1	FABRICACIÓN TORRE DE ATOMIZACIÓN Y CICLÓN SEPARADOR	156	1.360.000
2	FABRICACIÓN TORRE DE ATOMIZACIÓN Y CICLÓN SEPARADOR	151	490.000
3	FABRICACIÓN MÁQUINA DE VELAS	243	359.800
4	FABRICACIÓN FUNDIDOR ELÉCTRICO Y ATOMIZADORES	2195	1.750.000
5	FABRICACIÓN FUNDIDOR ELÉCTRICO, ATOMIZADORES Y MEZCLADOR	2222	1.500.000
6	REPARACIÓN ESTANQUES DE PARAFINA	7	792.000
7	CAMBIO DE CIRCUITO DE REDES DE AGUA	8	960.000
8	MATERIALES Y FABRICACIÓN DE BASTIDOR Y OTROS	9	3.990.450
9	SUMINISTRO DE MATERIALES Y FABRICACIÓN DE BASTIDOR 10 TON	10344	4.661.017

USO DE INFRAESTRUCTURA

USO DE INFRAESTRUCTURA	GASTOS, M$
Infraestructura y gastos generales	2.896
TOTAL PARCIAL (2)	2.896
Total ACUMULADO	5.791

CERTIFICADO

La empresa Sociedad Comercial Yossi Limitada, RUT 78.728.640-2, certifica que en la realización del proyecto "Mejoras del proceso productivo para la elaboración de velas decorativas", código 200-2138, se ha utilizado infraestructura durante el período comprendido entre el 22 de enero y el 21 de julio de 2001, con un costo asociado de acuerdo al detalle siguiente:

Item de Medida	Sub-total (M$)
Muebles y útiles	449
Instalaciones	251
Vehículos	95
Maquinarias y equipos	2.101
TOTAL (M$)	2.896

Se otorga el presente certificado para el primer informe de avance del proyecto FONTEC 200-2138.

BIBLIOTECA CORFO

CONTADOR GENERAL
URBANO Y ASOCIADOS
CONTADORES, CONSULTORES LTDA.

INFORME TÉCNICO

PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
200-2138

MEJORAS DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE VELAS DECORATIVAS

BIBLIOTECA CORFO

EJECUTOR	: FÁBRICA DE VELAS YOSSI LIMITADA
RESPONSABLE ANTE FONTEC	: GUIDO JARA GUIÑEZ
JEFE DE PROYECTO	: LEONEL NÚÑEZ LAZO
FECHA	: JULIO DE 2001

INFORME TÉCNICO-PARTE I

1. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y ANÁLISIS DE TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN MANUFACTURACIÓN DE PRODUCTOS DE PARAFINA SÓLIDA (PS)

En sentido generalizado una vela (bujía, cirio, hacha, antorcha), es una pieza compuesta por un elemento monolítico combustible (cera, sebo, parafina, estearina, etc.) y un pabilo o mecha, cuya función es proporcionar iluminación por la combustión de este pabilo. Se han empleado profusamente para iluminación habitacional y como emblema religioso, particularmente por ser elementos de bajo costo. La industria de producción de velas es bastante antigua, conociéndose desde los tiempos del imperio Romano. Hoy en día, a nivel mundial, el consumo de velas de variados tipos y formas ha crecido de manera espectacular por cuestiones asociadas a diferentes formas culturales y religiosas. En efecto, con el devenir de los tiempos de bonanza, que en general ha experimentado la humanidad, la población ha destinado tiempo y recursos para actividades de adoración religiosa, esoterismo y en general reuniones o eventos que emplean como elementos ambientales las velas. Es fácil ver como en dichas actividades se emplean muchísimos y variados elementos con diseños, formas y olores novedosos.

Las velas a las que se refiere este proyecto de Innovación Tecnológica (IT), se producen a partir de parafina sólida (que es el nombre popular), un derivado de petróleo de la familia de los alcanos. Estos son hidrocarburos saturados de cadena acíclica comúnmente denominados parafínicos o parafinas, debido a su baja reactividad es decir por poseer una reducida tendencia a combinarse con otras sustancias o consigo mismos (parafina significa poca afinidad). En condiciones ordinarias de presión y temperatura, las parafinas son inertes frente a reactivos como los ácidos, álcalis, agentes oxidantes y agentes reductores. Los alcanos son inodoros, incoloros o de color *sui generis*. Los cuatro primeros alcanos (metano, etano, propano y butano) son gaseosos, los siguientes desde el pentano al triacontano son líquidos. Los demás alcanos son sólidos a temperatura y presión normales. Son insolubles en agua, miscibles entre si y fácilmente solubles en disolventes orgánicos, tales como éter, sulfuro de carbono, benceno, etc. Son fácilmente combustibles y arden con llama tanto más luminosa cuanto mayor es el número de átomos de carbono que posee la molécula en cuestión.

Las ceras de parafina (C_{20}-C_{30}) se obtienen mediante la destilación al vacío de los cortes C_{16}-C_{20} de petróleo fraccionado.

Las parafinas empleadas para la producción de velas, tienen en general las siguientes propiedades:

Tabla 1: Principales propiedades de la parafina sólida empleada en manufactura de velas

Propiedad	Unidad SI	Valor
Densidad	Kg/m3	865-913
Calor específico Sólido	J/kg °C	2603
Calor específico Líquido	J/kg °C	2980
Rango de fusión	°C	38-56
Rango de ebullición	°C	350-430
Calor latente	Mj/kg	0.146-0.163

Por otro lado, si bien no se tienen informes fidedignos de las propiedades tecnológicas de la parafina. Una rápida inspección de productos terminados, permite señalar que esta en general tiene una alta trabajabilidad en frío y en caliente, lo cual es un buen augurio en términos de nuevas técnicas de manufacturación.

La manufacturación de velas en la actualidad, procede mediante la técnica de fusión-solidificación por la vía artesanal, que es adecuada para pequeñas partidas, y mediante el concurso de maquinarias de moldear que tienden a incrementar la productividad por la vía del manejo de grandes cantidades de moldes. Sin embargo, el proceso básico controlante es la solidificación. Esto hace que esta vía sea en general lenta y en consecuencia de productividad limitada.

Actualmente, sin embargo la industria de manufacturación de velas ha experimentado notables avances especialmente en aquellos países donde se inició la citada industria, tales como Alemania, Holanda, Inglaterra y Escocia. Con un acabado conocimiento de la materia prima, los fabricantes de velas han sabido desarrollar equipamiento de última generación para la producción de las más variadas formas. En aquellos países que no producen parafina ni estearina, hoy en día la tendencia es manufacturar sin pasar necesariamente por la etapa de fusión de la materia prima, ya que se emplea cada vez más la técnica de consolidación de polvos de parafina. Sofisticados equipos, incluso de tecnología robotizada, producen velas de polvos comprimidos a tasas tan altas como 45000 unidades por hora. Dicha industria exhibe su mayor grado de desarrollo en los países de Europa del sector Alemania, Italia y Holanda. En Estados Unidos, sin embargo, se ha producido un desarrollo similar que se ha canalizado por medio de la National Candle Association, una organización profesional que ha difundido la ciencia y la técnica de industria productora de velas.

Además de la materia esencialmente combustible, se considera como materia prima de esta industria la *mecha, torcida o pabilo*, cuyo peso suele ser del orden de 0.3 a 0.5 % del de la bujía. La mecha se fabrica casi exclusivamente con hilo de algodón torcido o trenzado. Estas se someten a un proceso de preparación, consistente en impregnarlas en soluciones de fosfato amónico y ácido bórico. Que hacen que la combustión sea lenta y evitan la perdida de la ceniza de la mecha. A la par con la industria de manufactura de velas, como es lógico se ha desarrollado la industria que produce el pabilo. No es una industria de manufactura sencilla y en consecuencia ha sido desarrollada por casas especialistas.

2. VISITA TÉCNICA A CENTRO ESPECIALIZADO EN PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS DE PARAFINA SÓLIDA (PS)

Entre el 5 y el 12 de Octubre de 2000 se realizó una gira técnica a la zona de Frankfurt, en Alemania donde se visitaron industrias de producción de velas, casas especializadas en fabricación de maquinaria moderna para la industria de velas y se contactaron proveedores de materia prima.

En esta gira participaron los señores Guido Jara, Leonel Núñez y la señora Cecilia Vicencio. En Frankfurt se había organizado una interesante agenda gracias al concurso del señor Atilla Yergök, un antiguo conocido de la empresa, quien además estuvo ligado al rubro de fabricación de velas en Chile. La agenda incluyó visitas y entrevistas en fábricas y talleres en el circuito de la ciudad de Fulda, distante unos 200 km de Frankfurt y en las cercanías de Holanda, Italia y Francia.

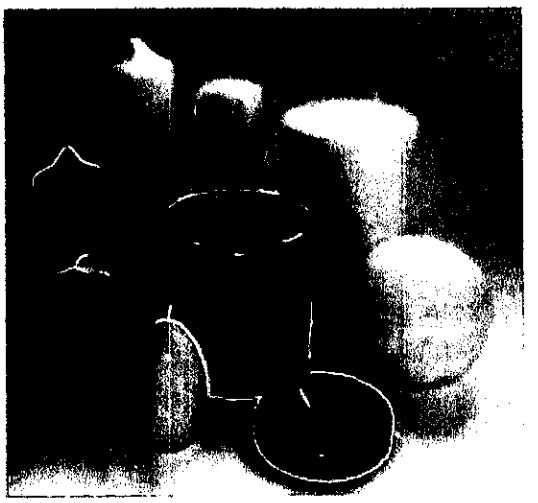
En términos generales la gira permitió establecer una red de proveedores integrada por fabricantes de maquinarias, proveedores de parafinas, esencias, lacas y patinas para colorear velas y proveedores de pabilos.

En el ámbito de acción de este proyecto de innovación tecnológica destaca la verdadera transferencia tecnológica que se dio en las visitas a dos importantes fabricantes de maquinarias en la ciudad de Fulda: Herrhammer GmbH y Arthur Weissbach GmbH. En efecto, ambos fabricantes, con una larga tradición como casas de fabricación de maquinarias para la producción de velas, han desarrollado su negocio de una manera coherente, tecnificada y con un alcance internacional. Por otro lado, la visita de un grupo de sudamericanos, como el indicado, llama la atención a estos proveedores, pues les abre nuevos mercados (de los cuales no tenían referencias).

En ambas fábricas de maquinaria se observa similar nivel tecnológico y las tendencias de desarrollo de equipamiento son las siguientes:

- Equipos para producción de velas cilíndricas tradicionales por colada, con capacidad desde 60 hasta 2000 unidades, configurados para operar de manera manual y, en el otro extremo, configurados con grandes automatizaciones.
- Equipos para grandes producciones de velas axisimétricas por conformación de polvos de parafina. Los desarrollos alcanzados hasta el momento incluyen prensas rotativas para la producción de velas tipo "tealight", prensas verticales, de herramientas múltiples, para velas de formas diversas, prensas de extrusión de parafina monolítica y en polvo, y líneas de producción ensambladas con prensas, cortadores, transfer y equipamiento de empaque.
- Equipamiento para operaciones secundarias de preparación de materia prima (producción de polvos de parafina), equipamiento para coloreado de velas, equipamiento para bombeo de parafina de líquida y accesorios diversos para manejo de parafina liquida y en polvo.

Las siguientes figuras muestran una sinopsis del nivel tecnológico observado en la gira técnica.



a)

b)

Figura 1: Productos de alta tecnología de parafina sólida
a) Velas axisimétricas producidas en prensa vertical a partir de polvos
b) Polvos de parafina sólida

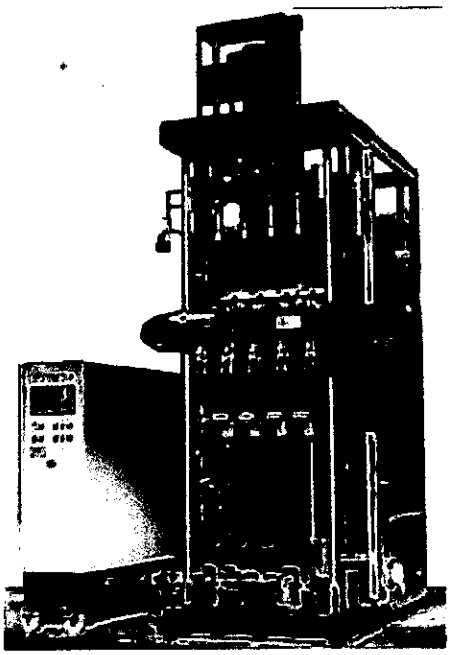
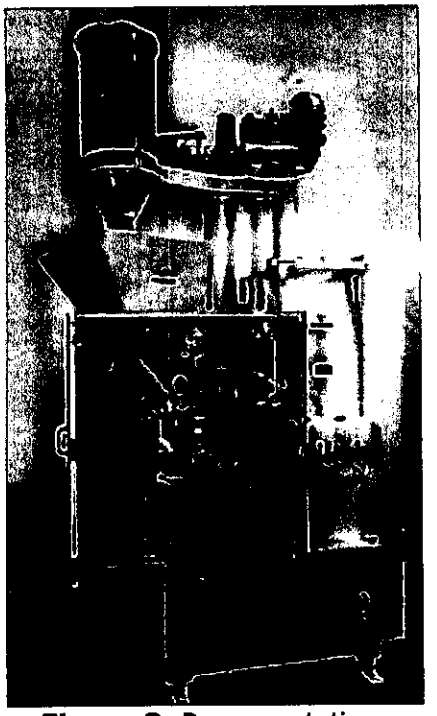


Figura 2: Prensa vertical para la producción de velas decorativas axisimétricas. El equipo tiene cuatro herramientas y su performance es de 12 unidades por minuto.



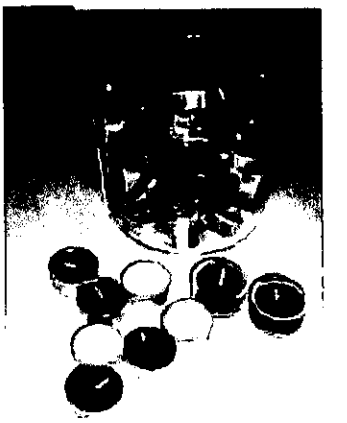


Figura 3: Prensa rotativa para la producción de tealight y una muestra de productos.

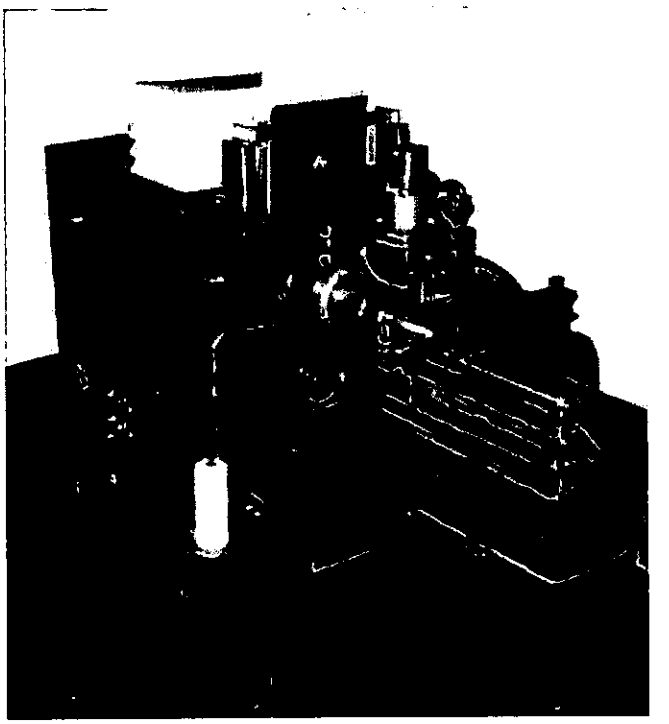


Figura 4: Prensa extrusora de parafina monolítica.

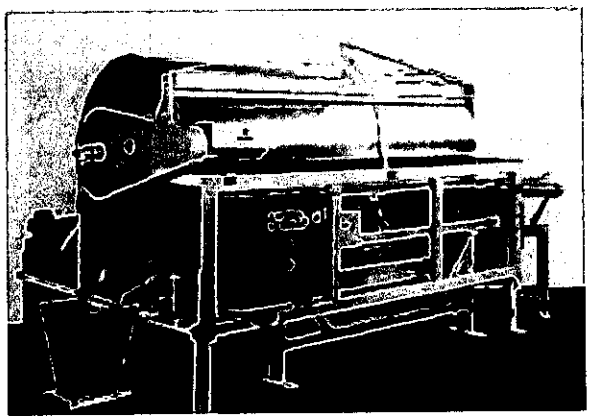


Figura 6: Tambor para la producción de polvos de parafina sólida, capacidad de producción 300-1200 kg/h.

3. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA MATERIA PRIMA

En esta actividad del proyecto se efectuó la caracterización tecnológica de la materia prima que se emplea para la producción de velas. Se diseñó un programa experimental que incluye los siguientes aspectos:

a) Caracterización de propiedades físicas y química de diversas muestras de parafina

Se trabajó con muestras de parafina monolítica, proveniente de Alemania, y granular de un proveedor alemán y otra de un proveedor brasileño. Dichas muestras se caracterizaron mediante ensayos químicos para determinar su composición y nivel de impurezas. A las muestras granulares se les efectuó análisis granulométrico según ASTM. Todas las muestras se sometieron a análisis térmico a objeto de determinar su temperatura e intervalo de fusión.

Los resultados logrados se informan a continuación:

a1) Caracterización química

Todas las parafinas examinadas son mezclas de estearina y parafina de petróleo. Su composición química exacta no pudo ser determinada, ya que los laboratorios nacionales no cuentan con la técnica para efectuar dicho ensayo. Sin embargo, se logró efectuar análisis de impurezas mediante la técnica de calcinación (ver certificado N° 251.207 de IDIEM). Estos resultados, que se muestran en la Tabla 2, indican que las muestras monolítica de Alemania y granular de Brasil poseen una gran cantidad de impurezas, comparado con el nivel de impurezas que exhibe la muestra granular alemana. Este resultado es significativo si se toman en cuenta los resultados de los ensayos de forja y extrusión que se informan en los apartados siguientes.

Tabla 2: Resultados de análisis de impurezas de parafinas empleadas en la producción de velas

Item	Cant	Descripción	Proveedor	Residuo (% en peso)
M1	1	Parafina granular	Alemania	0.038
M2	1	Parafina granular	Brasil	> 0.005
M3	1	Parafina monolítica	Alemania	> 0.005

a2) Análisis Térmico

Se preparó una instalación consistente de una estufa de 100 °C de capacidad, un sistema de monitoreo de temperatura mediante una termocupla de Cu-Constantan y un registrador Tacusel, donde se instalaron muestras de 50 g de parafina sólida. Todas las muestras se sometieron a calentamiento hasta lograr la completa fusión de ellas y posteriormente se enfriaron hasta temperatura ambiente. En todos los casos se registró la curva de calentamiento/enfriamiento.

Los resultados indican que las parafinas analizadas poseen intervalos de fusión que están en el rango de 50-70 °C. Las parafinas alemanas exhiben un intervalo de fusión dependiente de su estado de agregación y del nivel de impurezas, en efecto la parafina monolítica tiene un rango de fusión de 7 °C (63-70 °C) en tanto que el rango de fusión la parafina granular es de 5 °C (60-65 °C). La parafina brasileña tiene un rango de fusión de 17 °C (50-67 °C), probablemente influido por su contenido de impurezas. Las figuras 7 y 8 muestran el detalle de las pruebas ejecutadas.

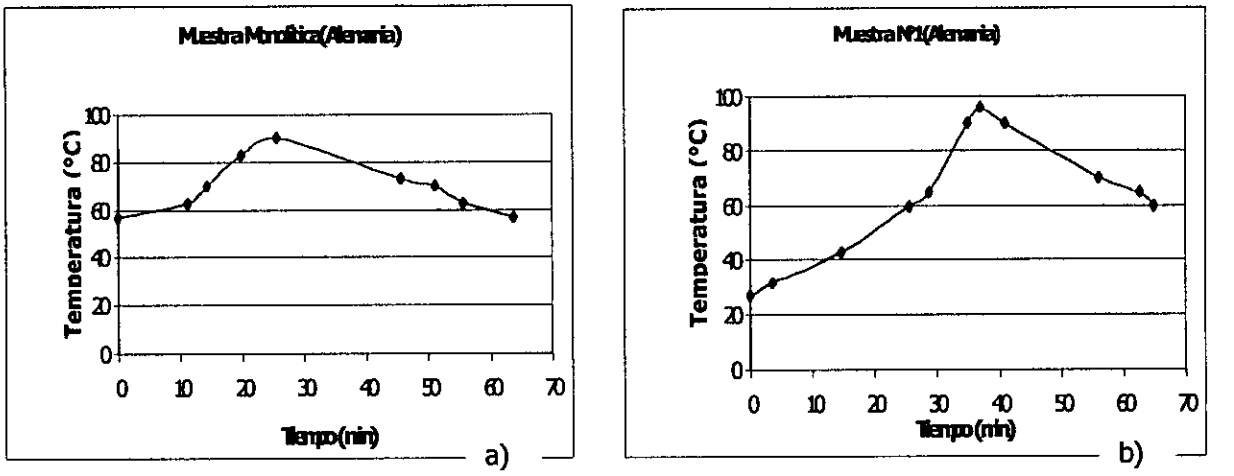
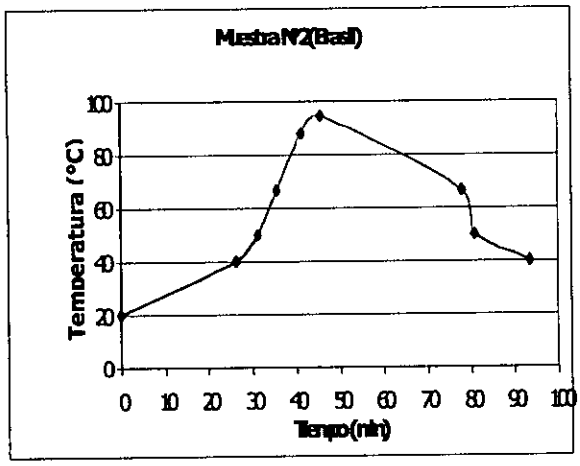
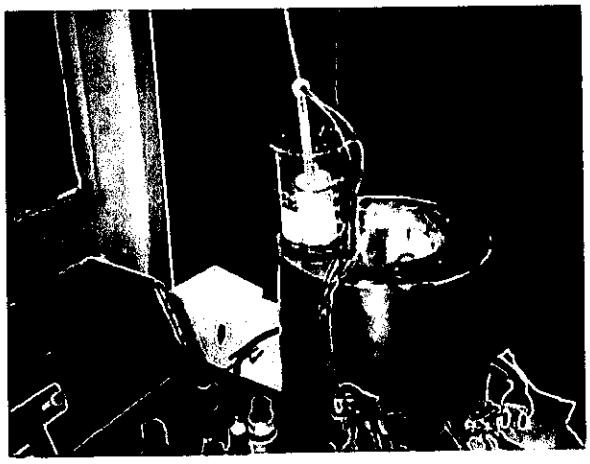


Figura 7: Análisis térmico de muestras de parafina sólida.
a) Muestra monolítica alemana, b) Muestra granular alemana



a)



b)

Figura 8: Análisis térmico de muestras de parafina sólida.
a) Muestra granular brasileña, b) Vista del montaje experimental

BIBLIOTECA CORFO

a3) Análisis granulométrico

Se procedió de acuerdo a las recomendaciones ASTM para tamizado de muestras granulares. Se tomaron muestras de ambos tipos de parafina granular y se sometieron al proceso de tamizado. La distribución de tamaños que exhiben ambas muestras es bastante similar en cuanto a las clases encontradas.

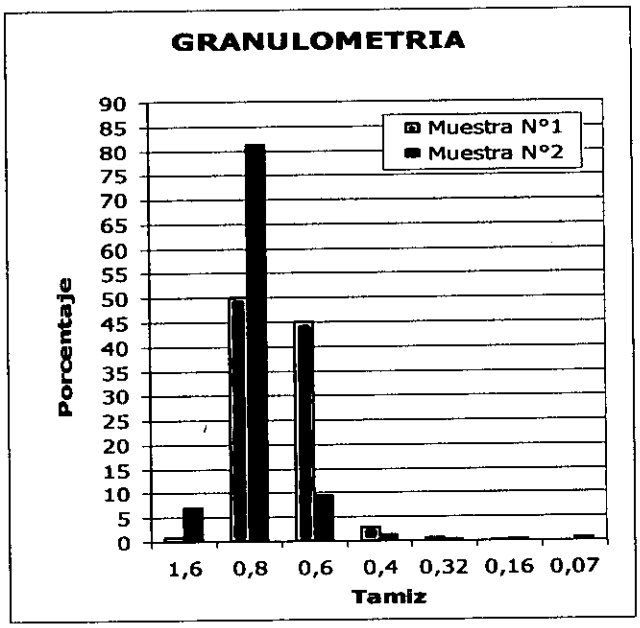


Figura 9: Distribución de tamaño de muestras de parafina sólida granular

La Figura 9 muestra los resultados del análisis practicado, la muestra N°1 corresponde al material brasileño y la muestra N° 2 al material alemán. Es significativo el hecho que ambas muestras poseen una gran proporción de material con tamaño 0.8 mm, sin embargo la muestra alemana posee muy poco contenido de material con tamaño 0.6 mm, que le confiere una especial habilidad para ser procesada mediante extrusión y forja como se indica en la sección correspondiente.

4. ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS APLICABLES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALTO RENDIMIENTO DE PRODUCTOS DE PS

En esta actividad se desarrolló un intenso programa experimental para evaluar las alternativas tecnológicas de procesamiento que pudieran ser aplicables para la producción de velas decorativas. Un aspecto importante de destacar es que inicialmente se consideraba el estudio de técnicas de colada asistida, que posteriormente gracias a la gira tecnológica, se desechó ya que las tendencias actuales indican que es mucho más productivo el trabajo por conformación de materiales monolíticos o granulares. Por otro lado, la empresa ha desarrollado un proceso de colada y moldeo de formas complejas que es bastante expedito y productivo. Con estos antecedentes en mente se emprendió un trabajo tendiente a producir información básica para el desarrollo y adaptación de nuevos métodos de manufactura de velas decorativas.

El programa de análisis de tecnologías se centró en las técnicas de conformado de material monolítico y granular, mediante las técnicas de extrusión (aplicable a ambos materiales) y forja confinada (compactación) que es aplicable a materiales granulares. De acuerdo a la visión actual sobre procesos aplicables, estas técnicas producen material de partida para otros procesos de acabado tales como: mecanizado con arranque de viruta (torneado, fresado, taladrado), estirado y calibrado. Dado que estas técnicas introducen poca deformación en los productos terminados y que la tecnología para ejecutarlos es bastante conocida, tiene mucho sentido abocarse al desarrollo de los procesos primarios de producción (forja y extrusión).

Respecto a los procesos de forja y extrusión, la información que interesa obtener guarda relación con las fuerzas involucradas en los procesos, el grado de deformación permisible, la resistencia característica del material y el grado de consolidación obtenido. Para estos efectos se desarrollaron pruebas de compresión, forja y extrusión en condiciones controladas empleando una maquina de tracción INSTRON modelo TTDM de 10 toneladas de capacidad.
Para obtener la resistencia característica de la parafina monolítica se efectuaron pruebas de compresión plana de acuerdo a los lineamientos ASTM para pruebas mecánicas.
Los ensayos de extrusión se efectuaron variando la razón de extrusión entre 1:1.25 hasta 1:5, los productos obtenidos se examinaron visualmente y se les controló la densidad para apreciar el grado de compactación obtenido.
Los ensayos de forja confinada, de material granular, se efectuaron con una matriz cilíndrica de 80 mm de altura y un punzón de 26 mm de diámetro. Se efectuaron pruebas de compresión en continuo, hasta la máxima relación de aspecto de compactación a

objeto de evaluar el comportamiento de los dos materiales granulares. A continuación se efectuaron pruebas de compactación variando la relación de aspecto entre 1:1.25 hasta 1:4 y se procedió a medir la densidad de los productos obtenidos.

Los resultados de estos ensayos se muestran a continuación:

b1) Ensayos de compresión plana de especímenes monolíticos

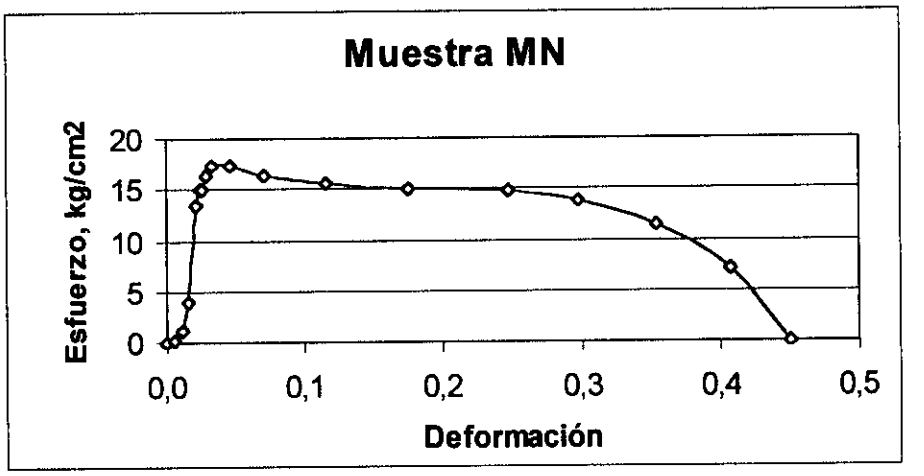


Figura 10: Curva típica de esfuerzo deformación, en compresión, de parafina sólida monolítica.

La Figura 10 muestra la curva de compresión típica que exhibe la parafina monolítica. El máximo esfuerzo de compresión es de 17.5 kg/cm2 y la deformación máxima hasta que aparece el primer cuarteamiento del espécimen es de 24.7%. En general, el espécimen experimenta un proceso de compresión con embarrilamiento lateral y a medida que la deformación aumenta experimenta cuarteamiento y rotura de manera similar a los metales. Estos son resultados notables, ya que no se conocían datos de propiedades mecánicas de parafina sólida. Estos resultados permiten plantear el diseño de tecnología y equipamiento para procesar parafina sólida, sobre una base bien fundada.

b2) Ensayos de extrusión de especímenes monolíticos y granulares

La Figura 11 muestra una curva típica de carga–desplazamiento de un proceso de extrusión de parafina sólida. Se incluyen curvas para las muestras monolítica y granulares. El aspecto de esas curvas es típico de estos procesos, con un aumento inicial de la carga hasta un desplazamiento de entre 1 a 3 milímetros, para el cual la carga se estabiliza en un valor máximo. A continuación el proceso se realiza a carga constante, ya que el material entra en régimen de deformación plástica y la máquina debe gastar potencia para vencer el rozamiento y deformar el material.
Para proyectar datos tecnológicos de interés, el esfuerzo máximo de extrusión se evaluó tomando la máxima carga y el área de entrada de la matriz. Estos cálculos, que se muestran en la Tabla 3 indican que:

- En el caso de la muestra monolítica, el esfuerzo de extrusión es siempre creciente con la relación de extrusión.
- En el caso de las muestras granulares, el esfuerzo de extrusión alcanza un valor máximo y luego decrece. Para la muestra brasileña (M1 en este caso) el máximo valor se obtiene con una relación de extrusión de 1: 2, en tanto que para la muestra alemana dicho máximo se obtiene con una relación de extrusión 1:3. Este resultado sin duda se relaciona con la distribución de tamaño de las muestras y con su contenido de impurezas. Tecnológicamente este fenómeno es muy interesante, ya que limita el tamaño de los equipos al trabajar con relaciones de extrusión superiores a la crítica. Por otro lado, las muestras brasileñas presentan un pobre aspecto con respecto a las muestras alemanas, hecho que se relaciona con la cantidad de impurezas y distribución de tamaño de estas últimas.

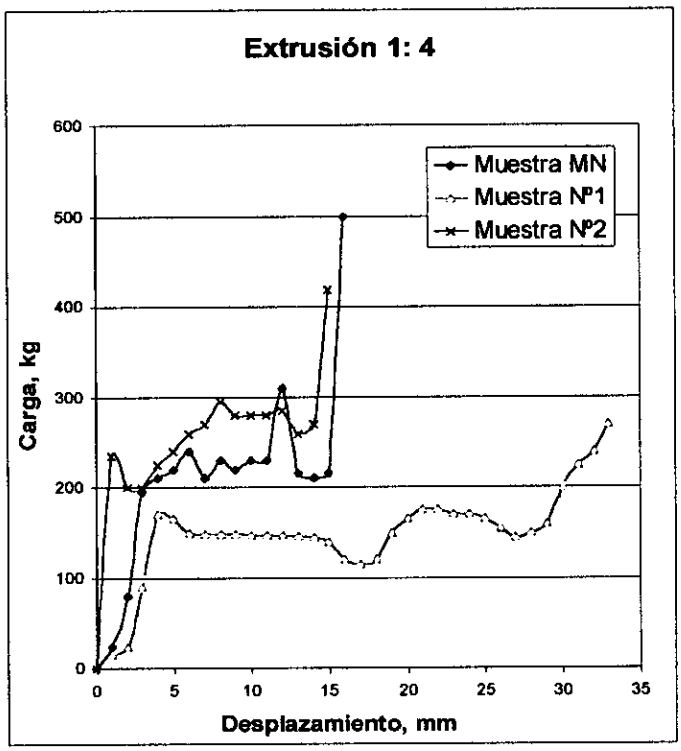


Figura 11: Curva de carga-desplazamiento de un proceso de extrusión de parafina sólida (se indican las muestras ensayadas y la relación de extrusión empleada).

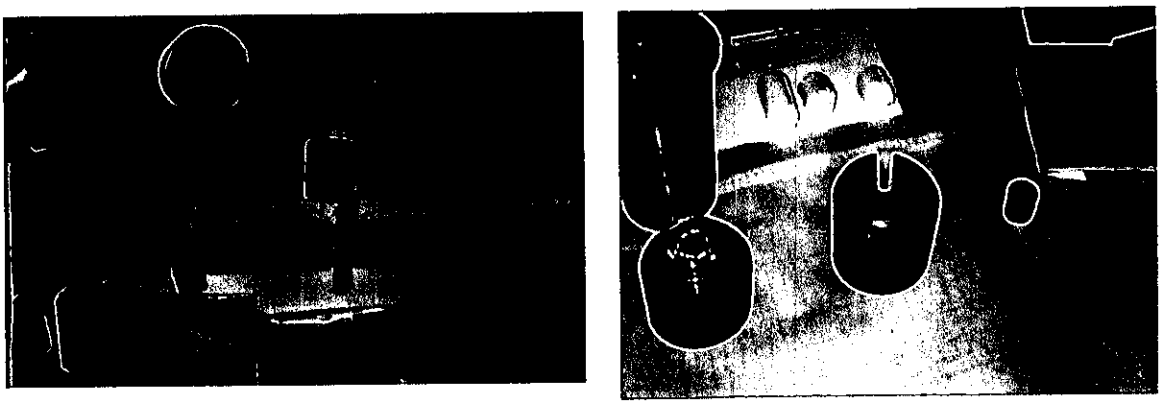
Tabla 3: Máximo esfuerzo como función de la relación de extrusión

	ESFUERZO MAXIMO DE EXTRUSION, kg/cm^2		
R	MONOLITICA	M1	M2
1:1,5	28,9	31,8	41,9
1:2,0	49,1	98,2	57,7
1:3,0	57,7	37,5	92,4
1:4,0	89,5	49,1	85,2

La densidad de las muestras ensayadas en general aumenta con el incremento de la relación de extrusión y la muestra granular que consolida más fuertemente es la alemana, que con una relación de extrusión de 1:4 alcanza una densidad de 960 kg/m^3 (aumento de densidad de un 30%, con respecto al producto extruido con relación 1:1.25). De igual manera, la muestra monolítica también experimenta consolidación, alcanzando una densidad máxima de 887 kg/m^3, que constituye un aumento muy leve, del orden de 1.2% con respecto a la densidad original.

En conclusión, es factible procesar parafina monolítica y granular mediante la técnica de extrusión. Las fuerzas involucradas son pequeñas comparadas con las que se emplean para extruir metales y el aumento de densidad en materiales granulares es significativo. Lo más importante en términos de calidad del producto parece ser la pureza del material y en el caso de la parafina granular, la distribución de tamaño.

La Figura 12 da cuenta de los productos obtenidos mediante esta técnica, así como de los detalles experimentales y los utilajes empleados.



a) b)

Figura 12: a) Productos de parafina sólida monolítica y granular extruidos, b) Productos y matrices de extrusión empleados en este trabajo.

b3) Ensayos de forja confinada (compactación) de parafina granular

La Figura 13 muestra una curva típica de compactación para una parafina granular alemana. La forma de la curva difiere de la que se obtiene en compresión plana, ya que el material granular se acomoda y se deforma por el efecto de la compresión, sin que se observen notables efectos de endurecimiento o de deformación. Al final de la carrera del punzón el esfuerzo alcanza altos valores, ya que el material se vuelve prácticamente indeformable al estar plenamente consolidado. Los mejores resultados de consolidación se obtienen con relaciones de compresión del orden de 1:1.75, que exigen esfuerzos de

compresión del orden de 250 kg/cm^2, valores similares a los observados al ver trabajar las prensas en Alemania.

La parafina brasileña no exhibe un buen desempeño en compactación, ya que aun con las más altas relaciones de compresión tiende a disgregarse con facilidad. Este hecho nuevamente se atribuye a la granulometría y al contenido de impurezas.

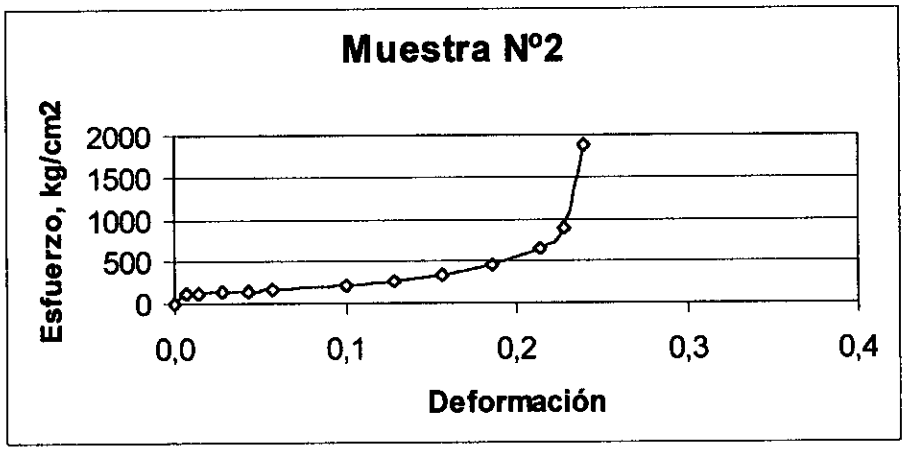
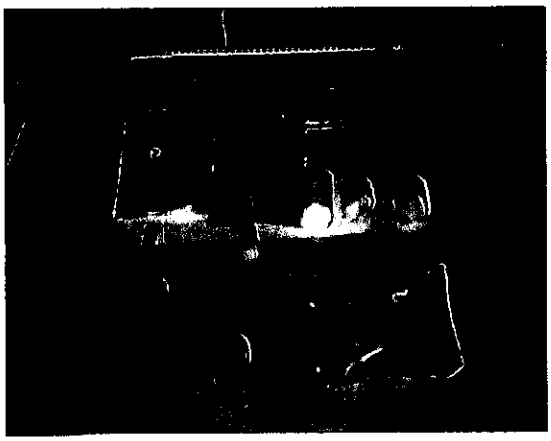
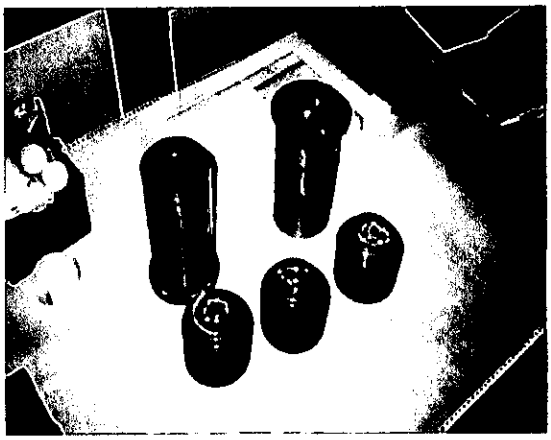


Figura 13: Curva de compactación de una muestra de parafina granular alemana.

La Figura 14 muestra detalles de los experimentos de compactación efectuados en este proyecto.



a)



b)

Figura 14: a) Productos granulares de parafina sólida compactados en forma cilíndrica, b) Set de matrices de compactación empleados en el proyecto.

En conclusión, los experimentos de producción de compactos cilíndricos de parafina sólida granular han demostrado que la técnica es perfectamente factible de implementar. Que se requieren fuerzas relativamente bajas (esfuerzos del orden de 250 kg/cm^2) para

desarrollar una adecuada consolidación y que se deben resguardar dos parámetros de proceso importantes: la granulometría y la pureza de la parafina.

5. DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE UNA UNIDAD PROTOTIPO PARA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS DE PS

En estos momentos el proyecto se encuentra desarrollando esta actividad en el nivel de diseño conceptual. Sobre la base de los resultados informados se ha tomado la decisión de desarrollar una unidad prototipo compuesta por:

- Un aparato atomizador de aire comprimido para la producción de polvos de granulometría controlada: La capacidad requerida es de unas 10 ton por mes.
- Una prensa de tres herramientas para la producción de velas decorativas axisimétricas o de formas de revolución, con una capacidad de unas 15 Ton y una performance de unas 27 unidades por minuto.

Las actividades que se están desarrollando para la ejecución de la prensa incluyen las siguientes:

- Diseño conceptual de la prensa, con la asistencia de un proveedor local de equipamientos hidráulicos y automatismos
- Diseño de detalles de este equipamiento y cotización de las partes, piezas y sistemas requeridos

Se espera que durante febrero se pongan las ordenes de compra de los respectivos sistemas y partes, para dar comienzo a la fabricación ese mismo mes.

En relación a la unidad de producción de polvos, ésta se encuentra en su fase de diseño de detalles y cotización. Sin embargo, por un problema de oferta de fabricación se espera comenzar su producción durante marzo de 2001. Esto no altera el curso normal del proyecto ya que esta unidad se compone de elementos estándar de fácil producción, por lo que se espera completar su fabricación y puesta a punto durante marzo próximo.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Océano Grupo Editorial, Autodidáctica Océano Color, 1994, Vol. IV, Ediciones Océano S.A., España.
- G. H. Geiger, D. R. Poirier, Transport Phenomena in Metallurgy, 1973, Addison Wesley, Reading, Massachussets, USA.
- S. Kalpakjian, Manufacturing Engineering and Technology, 2nd Ed, 1992, , Addison Wesley, Reading, Massachussets, USA
- Powder Compression of Candles, 1999, National Candle Association, Texas, USA.

INFORME TÉCNICO - PARTE II

5. DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE UNA UNIDAD PROTOTIPO PARA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS DE PS

5.1 DISEÑO DE LA UNIDAD PROTOTIPO

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la ejecución de la primera parte de este proyecto de innovación tecnológica, se adoptó la decisión de desarrollar una tecnología de producción de velas basada en polvos de parafina sólida. Esta consiste esencialmente en producir polvos de parafina mediante la técnica de atomización con aire comprimido, posteriormente preparar formulaciones de polvos de granulometría adecuada y finalmente compactar dichos polvos para producir las formas deseadas.

Los requisitos de diseño que se consideraron para el desarrollo de una unidad prototipo de producción, mediante la tecnología señalada fueron los siguientes:

- Capacidad de producción: 10 Ton/mes
- Bajo costo de inversión
- Bajo costo de operación
- Alta flexibilidad productiva

Sobre esta base se desarrolló la solución conceptual que se indica en la Figura 15. Esta consiste de una planta de atomización prototipo y de una prensa de compactación.

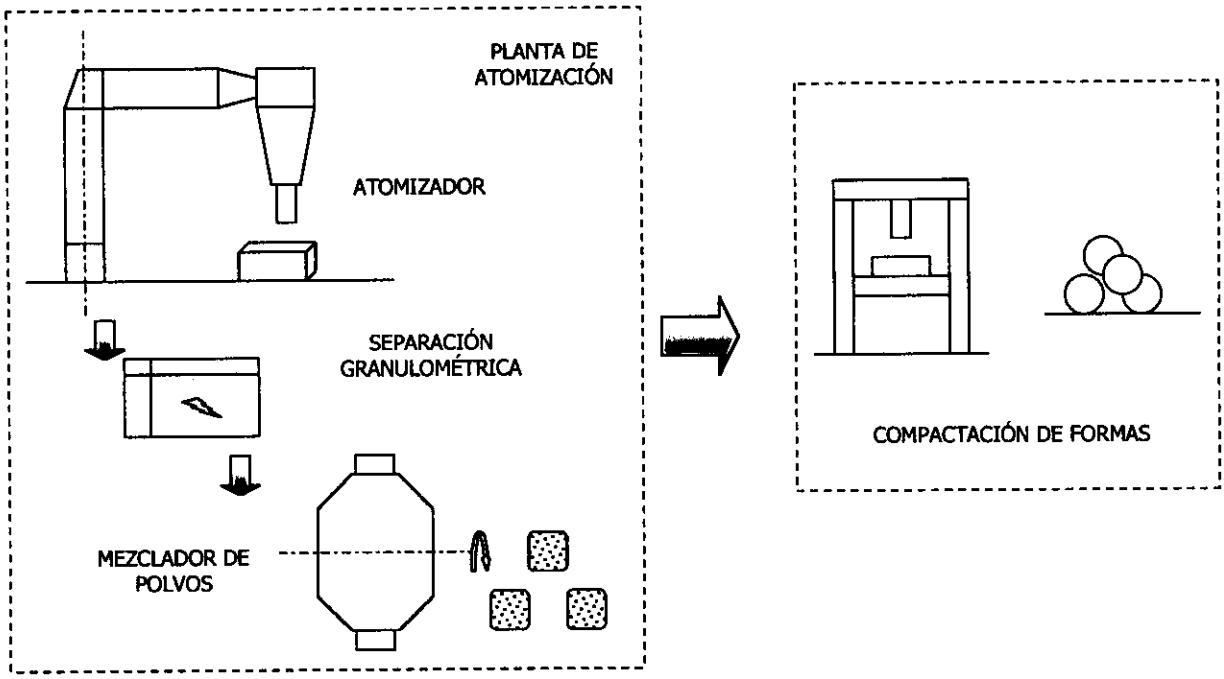


Figura 15: Solución conceptual de la tecnología de producción de velas con polvos de parafina sólida.

La unidad de atomización consiste de un set de atomizadores sónicos operados por aire comprimido a presiones entre 1.5-5 Bar, dispuestos en una torre vertical que por aspiración recoge los polvos en un ciclón separador. Dicha unidad es asistida por un fundidor eléctrico de parafina, que bombea continuamente parafina líquida a los atomizadores. La parafina atomizada posee una distribución granulométrica generalmente logarítmica, con una importante proporción de tamaños en torno de la media, una fracción de finos y una fracción de gruesos.

Para un buen aprovechamiento de los polvos obtenidos, estos deben ser separados en sus diferentes tamaños mediante una colección de tamices. Para estos efectos y dado que no se encontraron tamices comerciales adecuados, se preparó una zaranda con la capacidad requerida.

Una vez que los polvos han sido separados, es necesario preparar las formulaciones que mejor se acomoden al proceso de compactación por razones relacionadas con las propiedades de los productos finales. Esta operación se lleva a cabo en un mezclador que se desarrolló especialmente para estos propósitos.

En la sección final de este informe técnico se incluyen planos de diseño de los principales componentes de la planta de atomización.

Para las operaciones de compactación se desarrolló una prensa hidráulica de bastidor vertical, de 10 Ton de capacidad equipada con un sistema de dos moldes intercambiables con capacidad para compactar velas de hasta 100 mm de diámetro por 200 mm de longitud. La performance de este equipo se estipuló en 2-6 golpes por minuto. Si bien anteriormente se había especificado otra unidad de compactación, las restricciones presupuestarias del proyecto determinaron esta decisión. No obstante, esta unidad permitió desarrollar bien las pruebas de producción que se habían proyectado. En la sección final del informe se muestran diseños y bosquejos de dicho equipo.

5.2 EVALUACIÓN DE LA PERFORMANCE Y CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA PROTOTIPO

El factor crítico de operación de la planta prototipo viene determinado por la unidad de atomización de polvos de parafina. Para evaluar su performance y rendimiento se efectuaron pruebas de calibración de los atomizadores y se condujeron ensayos de atomización de diferentes parafinas. Los principales resultados de estos ensayos se indican a continuación.

- Atomizadores

Los atomizadores se operaron a presiones variables entre 1.5 y 7.5 Bar, encontrándose que consumen muy poco aire, del orden de 3.5 a 7.0 m^3/h, generan un campo estable de presión con aspiraciones del orden de 1500 a 3000 Pa y en consecuencia son muy eficientes.

- Distribución granulométrica y eficiencia de recuperación

Se efectuaron pruebas de atomización para caracterizar las granulometrías obtenidas a diferentes presiones de atomización, encontrándose que los mejores resultados se consiguen a bajas presiones. La Figura 16 muestra una vista general de un ensayo de atomización, en tanto que la Figura 17 muestra resultados de distribución granulométrica de polvos atomizados a presiones entre 1.7 y 4 Bar.

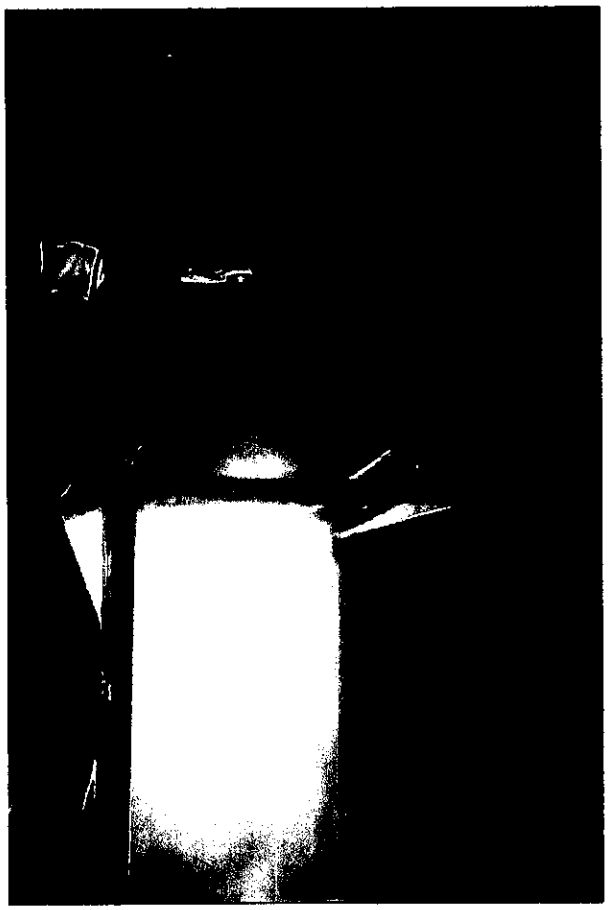
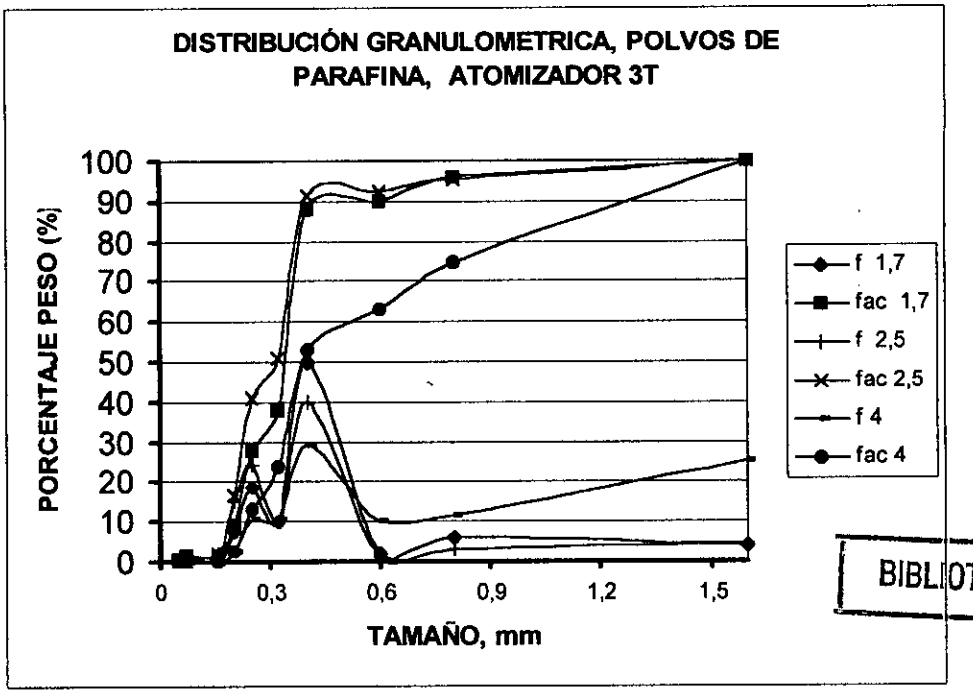


Figura 16: Vista general de un ensayo de atomización de parafina

La distribución de tamaño de los polvos de parafina atomizada suele ser bimodal, con un tamaño másico medio variable entre 0.315-0.382 mm para presiones de atomización entre 1.7 y 4 Bar. Los polvos atomizados a altas presiones tienen un tamaño aparente más grande que los mismos atomizados a bajas presiones, efecto que se relaciona con la alta tasa de coalescencia de polvos finos durante la etapa de enfriamiento. Afortunadamente este no es un problema para el procesamiento, ya que en general los polvos gruesos se compactan muy bien y favorecen la disminución de la densidad de los productos compactados.



BIBLIOTECA CORFO

Figura 17: Distribución granulométrica de polvos de parafina atomizada mediante aire comprimido.

Para evaluar el proceso de compactación de velas de parafina sólida atomizada se condujeron pruebas instrumentadas de producción de formas axisimétricas (cilindros de varias relaciones de aspecto, esferas de varios tamaños y esferas alargadas de varios tamaños). Se preparó un set de moldes y herramientas y se estudió la técnica de producción de mayor expedición. Los principales resultados de estos ensayos son los siguientes.

- Método de producción: La parafina en polvo, convenientemente preparada, se alimenta a los moldes en forma manual. La dosis se prepara de tal manera que la relación de compactación esté en el intervalo de 1:8-1:2 (por ejemplo: una esfera de diámetro 100 mm que tiene un volumen compacto de 524 cm^3 se produce con un volumen esponjado de 943 – 1048 cm^3). De esta manera, el control de la carga admitida a proceso es muy simple y no presenta grandes inconvenientes para su posterior automatización. El proceso de compactación se desarrolla, dependiendo del tamaño del producto, a tasas del orden de 6 unidades por minuto como máximo y 2 unidades por minuto como mínimo.

- Performance del proceso: La producción de velas compactadas a partir de polvos de parafina atomizada es relativamente sencilla, se realiza con fuerzas moderadas y consume relativamente poca potencia. Se deben cuidar los siguientes aspectos de proceso: los moldes deben estar limpios, bien pulidos interiormente y deben llenarse

con precisión, las herramientas deben estar limpias y bien pulidas. En algunos casos es necesario formular polvos con algún tipo de desmoldante incluido, para evitar el pegado del producto durante la expulsión. Se encontraron dos resultados de gran interés para el proyecto, el primero de ellos indica que la fuerza de compactación es prácticamente independiente de la superficie frontal del producto; más bien depende de la relación de compresión. El segundo importante resultado indica que la calidad superficial de los productos compactados es superior a la que exhiben los productos de parafinas granuladas (producto alemán de mayor tamaño promedio). Las Figuras 18, 19 y 20 dan cuenta de estos importantes resultados.

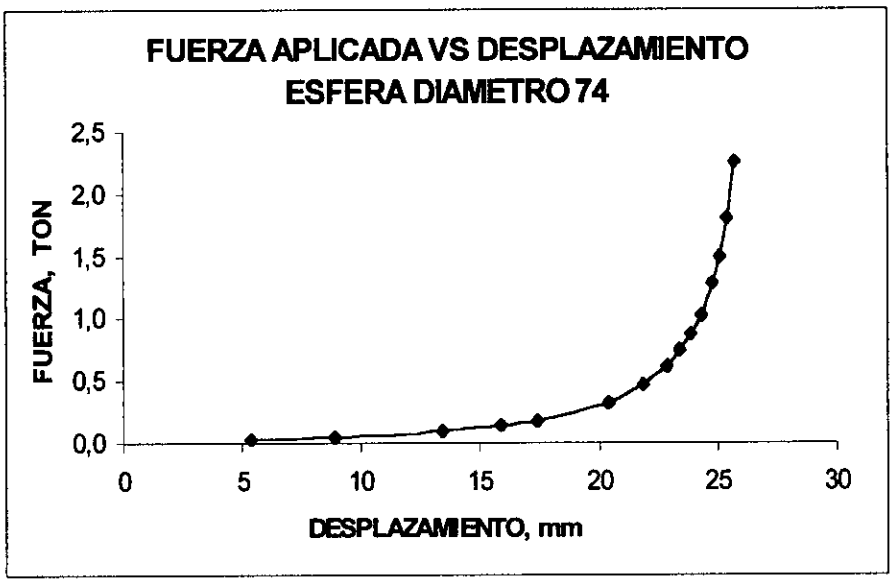


Figura 18: Fuerza y desplazamiento para compactación de una vela esférica de 74 mm de diámetro

Para la producción de una esfera de diámetro 74 mm se requiere una fuerza de unas 2.5 Ton, para inducir una compresión de unos 25 mm. Una esfera de 99 mm de diámetro (Figura 19) consume una fuerza de unas 3 Ton para una compresión de unos 50 mm. En todos los tamaños de velas se mantiene esta relación, lo que hace pensar que la compactación es más bien dependiente de la relación de compresión que de la superficie frontal de carga. Este es un fenómeno de gran importancia, pues incide muy favorablemente sobre el tamaño y potencia de los equipos, por otro lado también favorece la durabilidad y la vida de los utilajes.

La Figura 20 muestra el procedimiento de ensayo empleado generalmente para obtener estos resultados. Normalmente la compresión es vertical y la expulsión de la vela es desde abajo hacia arriba, para favorecer la manipulación del operador y la expedición del proceso.

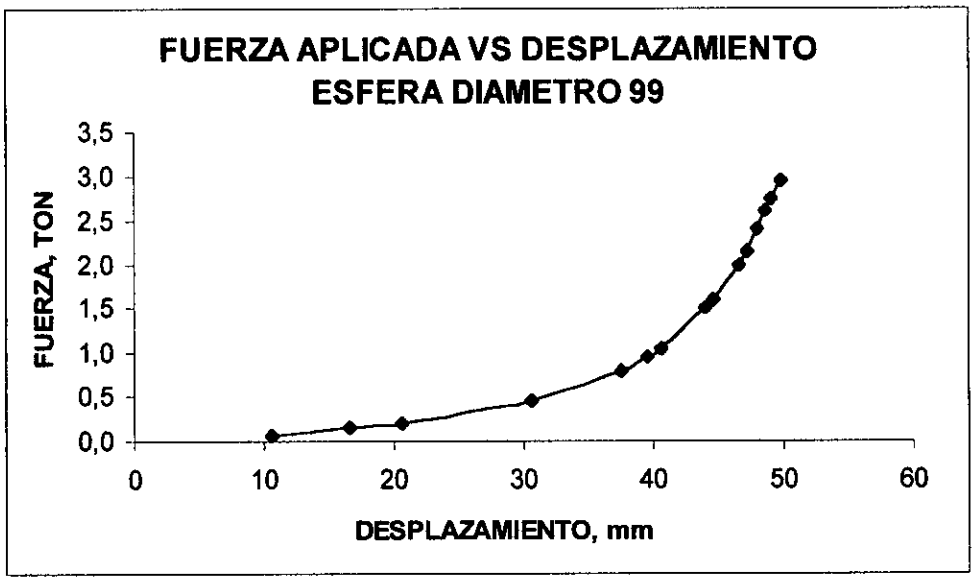


Figura 19: Fuerza y desplazamiento para compactación de una vela esférica de 99 mm de diámetro

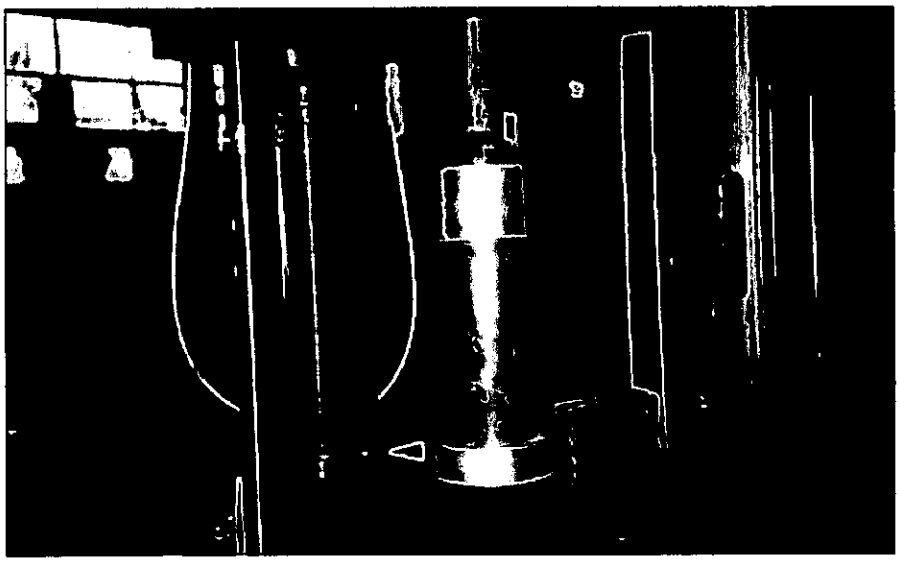
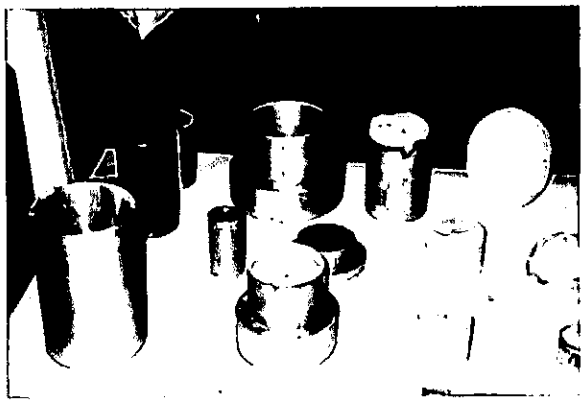


Figura 20: Detalle de producción de velas mediante la técnica de compactación de polvos de parafina atomizada.

Una vista de los productos y de los utilajes empleados para la producción de éstos se muestra en la Figura 20. En general se descubrió que los utilajes se pueden producir a partir de cañerías para formar la cavidad y que las herramientas se pueden desarrollar en segmentos de aluminio. Lo más complicado de la producción de los utilajes dice relación

con el tratamiento interior de éstos, la obtención de la forma y el pulido. Parece que lo más conveniente para producir buenos utilajes es emplear técnicas de mecanizado de alta precisión, por ejemplo CNC. Esto, si bien encarece el utilaje, asegura la calidad del producto. No obstante, se estima que bajo las condiciones de trabajo descubiertas por el estudio, la vida de los utilajes debe ser de al menos un año; que es un tiempo adecuadamente largo dada la alta tasa productiva.



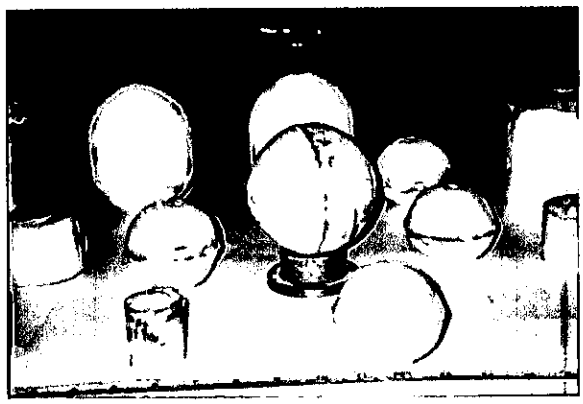


Figura 20: Productos de parafina sólida atomizada y utilajes empleados para su manufactura.

5.3 EVALUACIÓN DEL COSTO DE OPERACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DESARROLLADA

Para la aplicación comercial y productiva de los resultados del proyecto, el aspecto más distintivo a evaluar es la proyección del costo de producción en escenarios que sean acordes con la realidad de la empresa y con el mercado de los productos. Con los datos aportados por el proyecto se procedió a evaluar el costo de operación de la tecnología, ya que el costo de la materia prima sigue siendo el mismo. Las hipótesis que se emplearon para efectuar esta evaluación son las siguientes:

- El costo de operación de la tecnología está dado por el costo de producción de polvos mediante la técnica de atomización y el costo de compactación de productos.
- El costo de producción de los polvos es dependiente del consumo de energía (para generar aire comprimido, para los procesos de fusión, bombeo, extracción, separación y mezcla) y de la mano de obra. Se considera que una planta de atomizar, de 10 Ton de capacidad, emplea un solo operador.
- El costo de compactación depende de los utilajes y fungibles empleados, de la energía y de la mano de obra.
- Se considera que una planta de producción integrada por un atomizador y una prensa, tiene una vida útil de unos 8 años y que su costo de mantención anual es de un 20% del valor nuevo de reemplazo.
- Los escenarios que se evaluaron están relacionados con el tamaño del mercado a abordar. Actualmente, la empresa produce unas 10 Ton mensuales de velas decorativas, que se satisfacen con el concurso de una planta como la indicada. Para producciones de 20 y 30 Ton mensuales, susceptibles de lograr al expandir la

producción a los otros productos de la empresa y generar nuevos mercados, se requieren dos plantas como las indicadas.

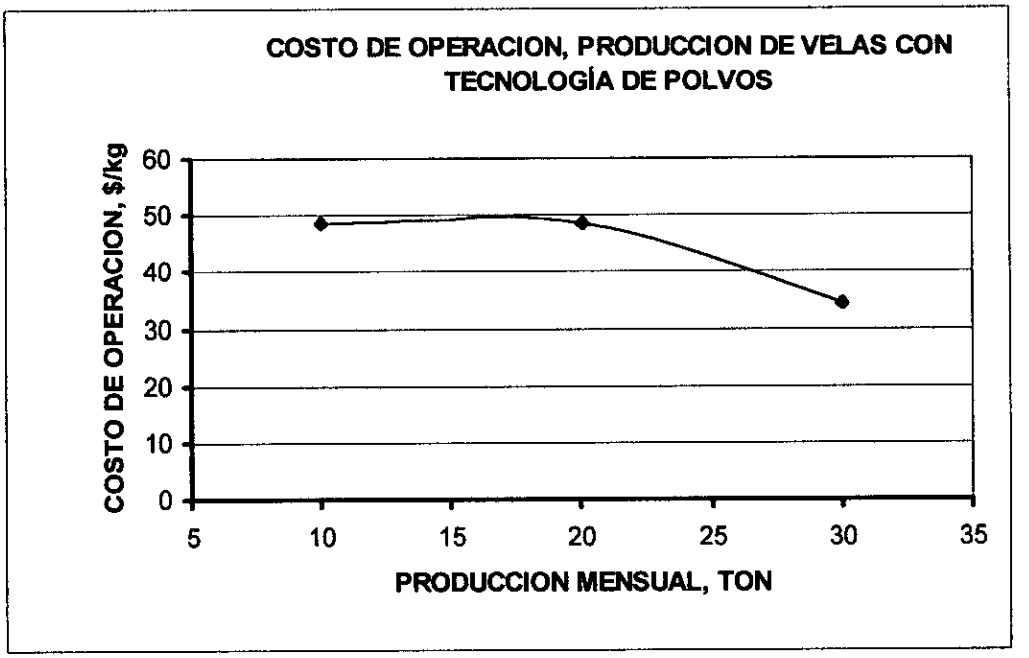


Figura 21: Proyección del costo de operación de velas decorativas con la tecnología de producción mediante polvos y compactación.

Los resultados de este análisis se indican en la Figura 21 y señalan una interesante perspectiva para la empresa, pues en el escenario actual la empresa tiene un costo de operación de unos $ 400 por kilogramo de producto que se comparan muy favorablemente con unos $ 49/kg para la tecnología desarrollada. Al aumentar el volumen de producción los costos tienden a disminuir llegando a $ 34/kg para un volumen de unas 30 Ton por mes. Estos resultados son notables pues, siendo proyecciones, aún en el caso que, en la realidad, los costos doblen a los valores calculados ellos implican ahorros sustantivos para la empresa.

6. DISEÑO Y REALIZACIÓN DE UN PROGRAMA DE ENSAYES DE PRODUCTOS

Con la finalidad de comparar las propiedades y las cualidades de los productos desarrollados a partir de polvos atomizados, se efectuaron pruebas tendientes a evaluar y comparar los siguientes parámetros/propiedades de éstos: rendimiento/duración, calidad de iluminación y propiedades mecánicas.

Se seleccionaron algunos diseños representativos y se sometieron a pruebas donde se midió la altura y la iluminación en función del tiempo. Algunos ensayos se prolongaron por espacio de varios días. Los resultados típicos de estos ensayos se muestran en la Figura 22.

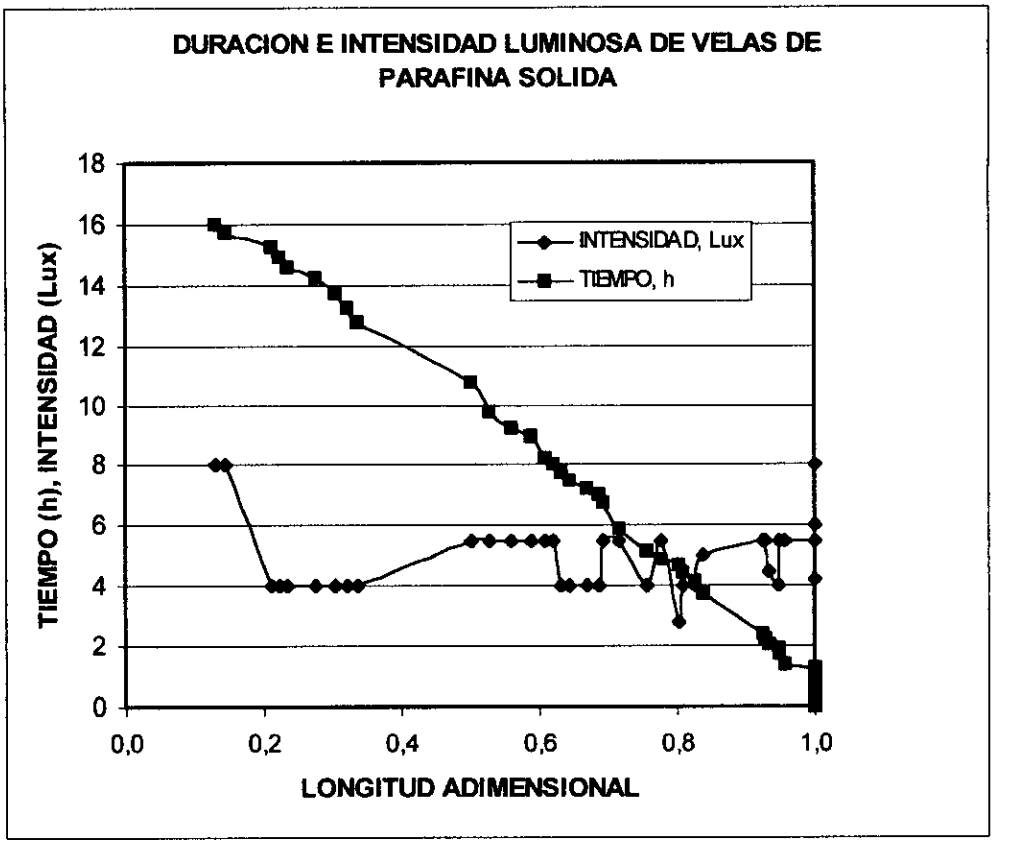


Figura 22: Resultados típicos de duración y luminosidad de velas de parafina sólida.

En general, el rendimiento (o la duración) de las velas exhibe una relación lineal entre la altura y el tiempo de encendido, que no tiene pendiente de 45°, ya que por ejemplo los resultados de la Figura 22 indican que cuando la vela se ha consumido al 50% han transcurrido unas 11 horas de un total de 16. Si se compara la duración de velas producidas por fusión-solidificación con la duración de aquellas producidas por compactación de polvos, se aprecia que en general tienen rendimientos similares. Sin embargo, las velas compactadas a bajas relaciones de compresión, menos densas que las tradicionales, tienen rendimientos levemente inferiores a los que exhiben las tradicionales. Por otro lado, las velas compactadas en alta densidad exhiben rendimientos superiores. En general, se aprecia que el rendimiento de las velas compactadas se puede controlar, en función de la relación de compresión, para que tengan idéntico rendimiento que las tradicionales.

La luminosidad de las velas tradicionales y de las compactadas no exhibe diferencias de comportamiento, en general al inicio del encendido la luminosidad es alta (unos 8 Lux en promedio), cuando la llama se ha estabilizado la luminosidad desciende a un 50% del valor máximo y cuando sobreviene la extinción la luminosidad vuelve a aumentar.

En resumen, se observó que las velas producidas por compactación tienen rendimientos y luminosidad prácticamente idénticas que las velas tradicionales.

Se examinaron las propiedades mecánicas de los productos compactados y se encontró que en general exhiben resistencias compresivas superiores que los productos tradicionales, particularmente a altas densidades compactas. En efecto la resistencia compresiva de una vela tradicional, producida por fusión-solidificación, es del orden de 17.5 kg/cm^2 en tanto que la de los especímenes compactados varía entre 30 y 60 kg/cm^2 dependiendo de la densidad obtenida. Desde la perspectiva del usuario esto no es importante, ya que basta que la vela mantenga sus propiedades mecánicas durante su encendido; sin embargo es un factor de alta importancia desde la perspectiva de producción ya que a mayor densidad compacta se emplea más material para producir la vela. En consecuencia, las propiedades mecánicas deben balancearse en función de la densidad final del compacto.

Sobre la base de los resultados de proceso y de las propiedades de los productos se preparó un documento base para control de calidad global en producción de velas mediante la tecnología de polvos compactados, que considera los siguientes aspectos principales:

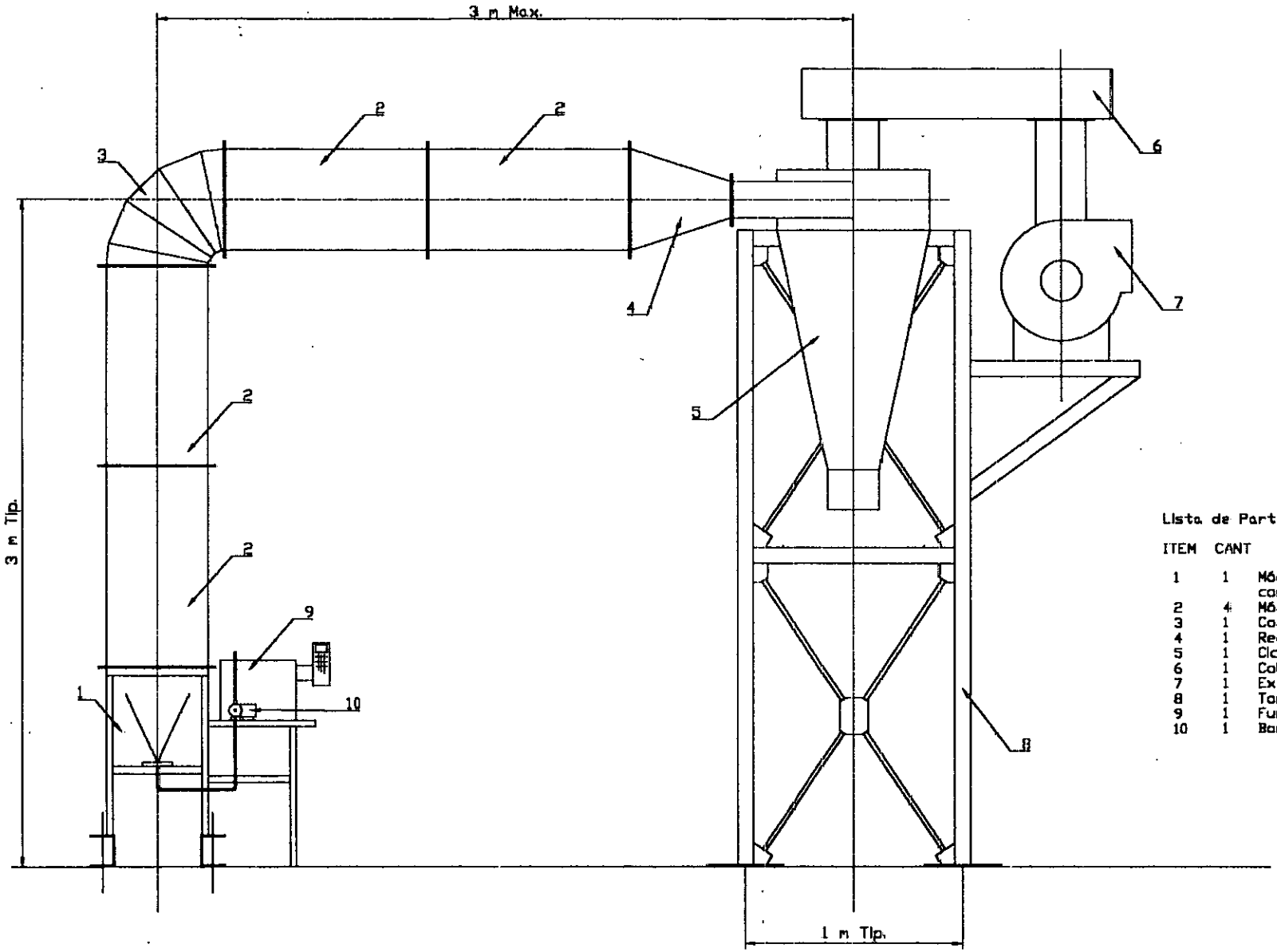
- Preparación de los polvos
- Control de granulometría
- Formulación de las dosis
- Compactación
- Control de densidad y propiedades mecánicas

Este documento está en revisión en la empresa y se espera adoptarlo, con las modificaciones que corresponda, como un estándar de calidad.

7. CORRECCIONES Y SÍNTESIS

Luego de haber ejecutado este proyecto se tienen las bases para la implementación definitiva de la tecnología de producción de velas decorativas axisimétricas empleando polvos de parafina sólida y técnicas de compactación unidireccional. Actualmente se trabaja en el desarrollo de correcciones a las unidades prototipo, tales como sistemas de control automatizados para la planta de polvos y en el desarrollo de matrices y utilajes para la producción de formas diversas.

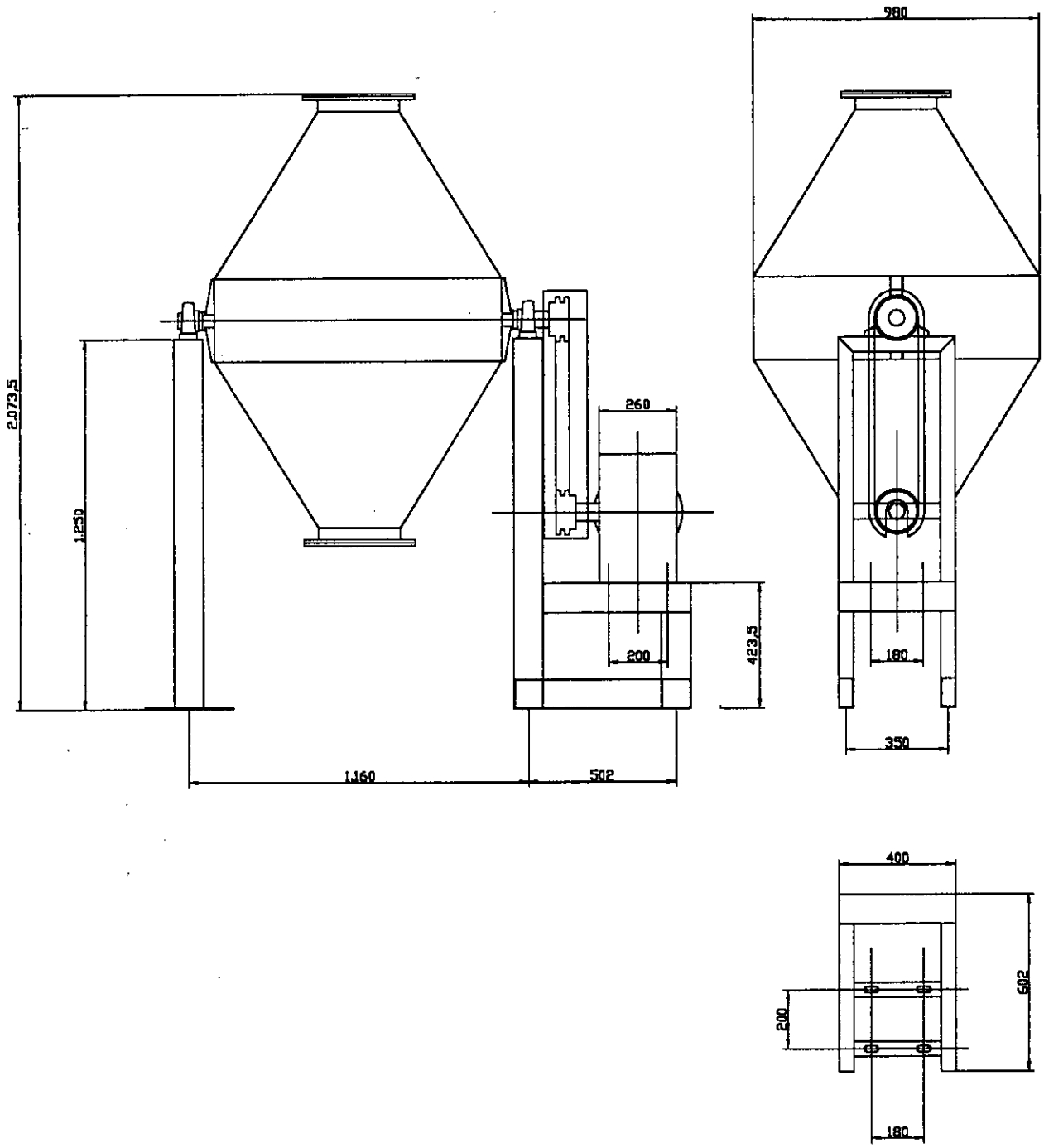
Adicionalmente se trabaja en la formulación de mezclas de polvos y técnicas de compactación para optimizar la densidad y el peso de los productos densificados. Se ha delineado un documento base para preparar un manual de producción según la tecnología desarrollada y se trabaja en la elaboración de un manual de productos, que permitirá definir la matricería definitiva que se empleará en las campañas de producción futuras.



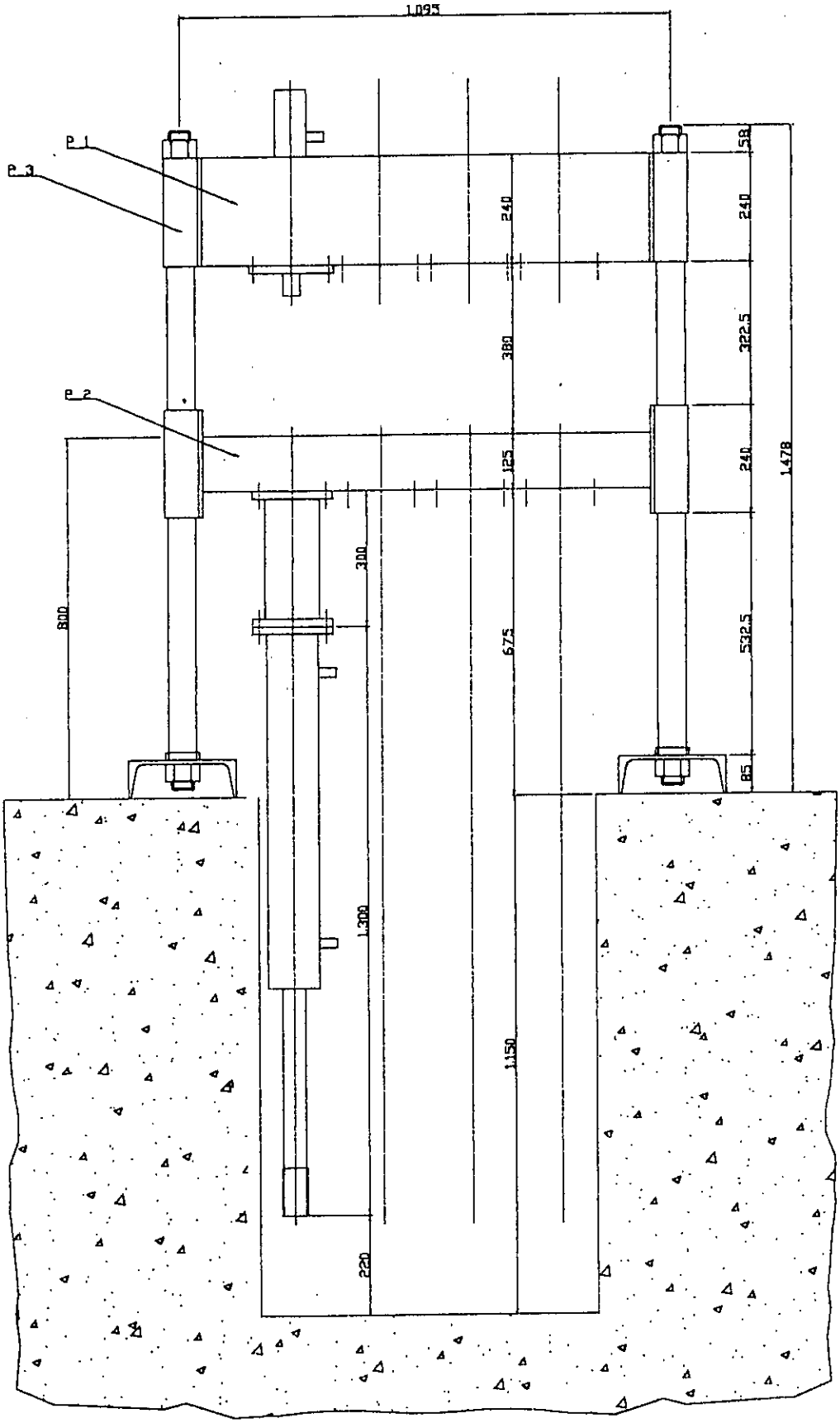
Lista de Partes

ITEM	CANT	DESCRIPCION
1	1	Módulo base 1.00 x 0.50 x 0.50 con cubierta acrílica
2	4	Módulo std. 1.00 x 0.50 x 0.50 acero
3	1	Codo 90° cuad. 0.50 acero
4	1	Reducción 0.50 A 0.18 acero
5	1	Ciclón ø 0.75 x 1.70 acero
6	1	Colector acero
7	1	Extractor 2500 GPM
8	1	Torre 1.00 x 1.00 x 2.90
9	1	Fundidor 0.50 x 0.40 x 0.50
10	1	Bomba

INNOVATEC YNC LTDA.	ESQUEMA GENERAL
PLANTA DE ATOMIZAR PARAFINA	PROYECTO 200-2138

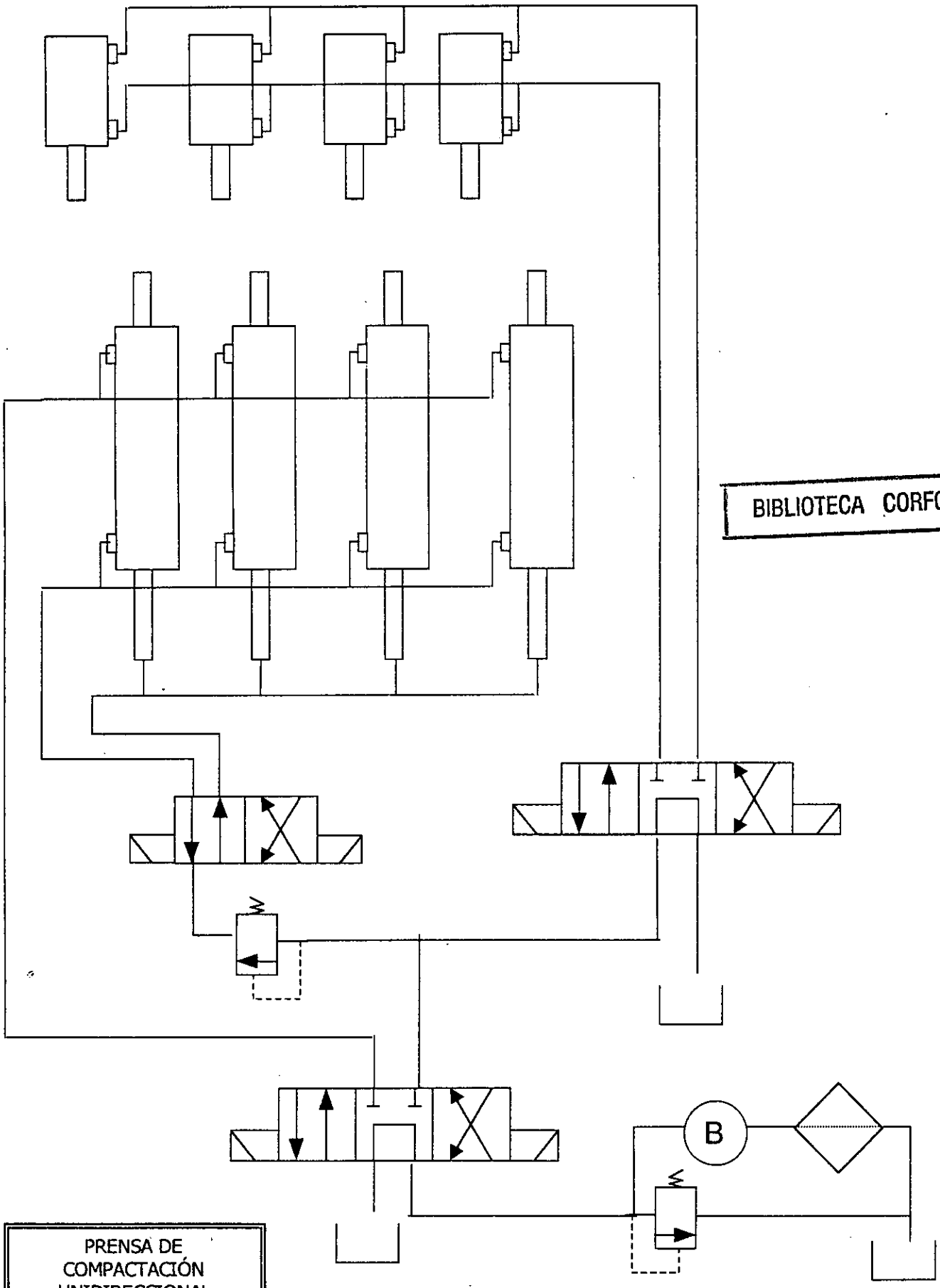


INNOVATEC YNC LTDA.	ESQUEMA GENERAL
MEZCLADOR DE POLVOS DE PARAFINA	PROYECTO 200-2138



ELEVACION

PRENSA DE COMPACTACION
VISTA GENERAL



BIBLIOTECA CORFO

PRENSA DE
COMPACTACIÓN
UNIDIRECCIONAL

CIRCUITO HIDRAÚLICO