

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
QUÍMICO

**OPTIMIZACIÓN DE LOS TIEMPOS DE VULCANIZADO EN  
LA FABRICACIÓN DE REVESTIMIENTOS DE CAUCHO  
METSO MINERALS S.A. CHILE**

por

Pablo Antonio Arancibia Reyes

Profesores Guías: Carlos Carlesi J.  
José Torres T.

**2009**

## **Agradecimientos**

*Ha culminado otra etapa importante en mi vida, la cual he logrado finalizar con éxito. Detrás de este logro, existen muchas personas que me han ayudado a lo largo de este camino.*

*Nada de esto se hubiese hecho realidad sin el apoyo incondicional de mis padres José e Ivonne. Han sido un pilar muy importante en mi vida, gracias por todos sus consejos y sus enseñanzas, todo lo que he logrado hasta ahora ha sido gracias a ustedes. Quiero agradecerles por su apoyo constante en todas mis decisiones y todas las oportunidades que me han brindado para mi desarrollo como persona y profesional.*

*En segundo lugar, quiero agradecer a mis hermanos José, Javier y Felipe. Muchas gracias por estar conmigo y demostrarme su confianza durante todos estos años.*

*Quiero darle las gracias también a mi novia Luisa, por estar conmigo en los buenos y malos momentos, has sido muy importante en mi vida y no me queda nada más darte las gracias por tu sinceridad y aprecio hacia mí.*

*También quiero agradecer a tíos, primos, abuelos, amigos, compañeros de universidad y profesores. Gracias por su apoyo y palabras de aliento que fueron fundamentales para poder llevar a cabo el objetivo propuesto.*

*Por último, me gustaría agradecer a Mauricio Carrasco, Subgerente Comercial Área Mill Lining y don Juan Bustamante, Jefe de Proyectos. Gracias por creer en mí, darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y trabajar en una empresa de tanto prestigio como es Metso Minerals. Fueron de gran ayuda durante mi paso por la empresa.*

## Resumen

La fábrica de Metso Minerals ubicada en la comuna de Concón, V región, está orientada a la fabricación de revestimientos de caucho para los molinos que se utilizan en el rubro de la minería.

La forma en la cual se fabrican estos productos es por medio del proceso de vulcanizado del caucho, el cual se realiza en base a la técnica de moldeo por compresión. Este proceso se puede definir como un proceso complejo que a lo largo de los años se ha estudiado con tal de entregar una base teórica sólida que respalden los resultados obtenidos empíricamente. Sin embargo, todavía existe una falta de conocimiento del comportamiento del caucho, lo que conlleva a que actualmente la empresa adopte la técnica de prueba y error, tomando así decisiones de operación sólo de acuerdo a la historia productiva de las piezas.

Este trabajo se enmarca en el desafío que se ha impuesto el área de calidad de Metso Minerals de optimizar el proceso de moldeo por compresión. Para solucionar esta problemática se ha diseñado una metodología que cuenta con un respaldo teórico y experimental, que considera el total de variables que influyen en el proceso, como también las condiciones imperantes actuales de la fábrica. Cabe destacar que el trabajo de investigación estará centrado en los revestimientos compuestos de acero y caucho, llamados polymet.

Este estudio está compuesto por varias secciones. Contempla una descripción general acerca de la empresa y del proceso productivo, un diagnóstico global del proceso, un estudio experimental y resultados derivados de dicho estudio con su análisis respectivo. Finalmente, se concluye con una propuesta de optimización y su evaluación económica correspondiente.

Los resultados obtenidos en las pruebas evidenciaron disminuciones entre un 5% y un 40% en los tiempos de vulcanizado con respecto al tiempo actual aplicado a las piezas fabricadas, lo que derivó en ahorros en la parte operacional por parte de la empresa, que fluctúan entre los 20 y los 45 millones de pesos anuales aproximadamente.

Por consiguiente, se logra demostrar que al disminuir los tiempos de vulcanizado se pueden obtener mejoras en la productividad de la empresa.

# Índice Temático

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos</b>	<b>3</b>
<b>1. Antecedentes Generales de la Empresa</b>	<b>4</b>
<b>2. Proceso Productivo</b>	<b>15</b>
2.1 Diagrama de flujo del proceso	15
2.2 Procedimientos preliminares para la elaboración de pieza polimet	16
2.3 Sistemas de calidad	16
2.4 Descripción de las etapas del proceso productivo	17
2.5 Sistema de generación de energía	24
2.6 Descripción de los equipos utilizados	25
2.7 Mapa general del Área de Fábrica	26
<b>3. Análisis y diagnóstico del proceso de vulcanizado de caucho</b>	<b>27</b>
3.1 Proceso de Vulcanizado por Moldeo por Compresión	27
3.2 Problemática actual	29
3.3 Influencia de la Temperatura en la cura del caucho	32
3.4 Análisis de variables involucradas en el proceso	37
<b>4. Estudio experimental</b>	<b>41</b>
4.1 Objetivos de los ensayos	41
4.2 Criterios técnicos	42
4.3 Metodología de los ensayos	43
4.4 Equipos e instrumentos utilizados en los ensayos	46
4.5 Preparación de los ensayos	50
4.6 Resultados de los ensayos	61
<b>5. Propuesta de optimización del proceso de vulcanizado</b>	<b>64</b>
5.1 Análisis de datos experimentales	64
5.2 Propuesta de optimización para determinar los tiempos de vulcanizado	76
5.3 Método de validación de las curvas obtenidas	78
<b>6. Evaluación económica de la propuesta de optimización</b>	<b>81</b>
6.1 Ingresos por ventas	82
6.2 Costos de producción	83
6.3 Inversión para desarrollo de propuesta	84

<b>7. Conclusiones</b>	<b>86</b>
8. Recomendaciones	87
9. Bibliografía	88

## Índice de Gráficos

Gráfico 1.1: Ventas netas por área de mercado 2008	14
Gráfico 5.1: Datos y línea de tendencia Rango R1 / 25% caucho – 75% acero	66
Gráfico 5.2: Datos y línea de tendencia Rango R2 / 25% caucho – 75% acero	66
Gráfico 5.3: Datos y línea de tendencia Rango R3 / 25% caucho – 75% acero	67
Gráfico 5.4: Datos y línea de tendencia Rango R4 / 25% caucho – 75% acero	67
Gráfico 5.5: Datos y línea de tendencia Rango R5 / 25% caucho – 75% acero	68
Gráfico 5.6: Datos y línea de tendencia Rango R6 / 25% caucho – 75% acero	68
Gráfico 5.7: Datos y línea de tendencia Rango R7 / 25% caucho – 75% acero	69
Gráfico 5.8: Datos y línea de tendencia Rango R8 / 25% caucho – 75% acero	69
Gráfico 5.9: Datos y línea de tendencia Rango R9 / 25% caucho – 75% acero	70
Gráfico 5.10: Datos y línea de tendencia Rango R1 / 15% caucho – 85% acero	70
Gráfico 5.11: Datos y línea de tendencia Rango R2 / 15% caucho – 85% acero	71
Gráfico 5.12: Datos y línea de tendencia Rango R3 / 15% caucho – 85% acero	71
Gráfico 5.13: Datos y línea de tendencia Rango R4 / 15% caucho – 85% acero	72
Gráfico 5.14: Datos y línea de tendencia Rango R5 / 15% caucho – 85% acero	72
Gráfico 5.15: Datos y línea de tendencia Rango R6 / 15% caucho – 85% acero	73
Gráfico 5.16: Datos y línea de tendencia Rango R7 / 15% caucho – 85% acero	73
Gráfico 5.17: Datos y línea de tendencia Rango R8 / 15% caucho – 85% acero	74
Gráfico 5.18: Datos y línea de tendencia Rango R9 / 15% caucho – 85% acero	74

# Índice de Figuras

Figura 1.1: Creación de Metso Minerals	5
Figura 1.2: Vista ubicación Metso Minerals Concón	7
Figura 1.3: Revestimientos de caucho y su ubicación en los molinos	10
Figura 2.1: Diagrama de flujo del proceso de producción de revestimientos polimet	15
Figura 2.2: Ciclo de generación de vapor	24
Figura 2.3: Lay out área de fabrica Metso Minerals Concón	26
Figura 3.1: Partes constitutivas del proceso de vulcanizado	27
Figura 3.2: Curva reométrica del caucho	33
Figura 5.1: Diagrama de flujo de la planilla computacional	77

## Índice de Imágenes

Imagen 2.1: Zona de recepción del caucho en área de fábrica	17
Imagen 2.2: Laminadora de caucho	18
Imagen 2.3: Extrusora de caucho	19
Imagen 2.4: Rollos de láminas	19
Imagen 2.5: Balanza digital	20
Imagen 2.6: Prensa hidráulica	22
Imagen 3.1: Reómetro	33
Imagen 4.1: Prensa N°1	47
Imagen 4.2: Molde de prueba	48
Imagen 4.3: Termocupla con aguja	49
Imagen 4.4: Termocupla con sonda magnética	49
Imagen 4.5: Medición de temperatura del molde	50
Imagen 4.6: Preformas de caucho	50
Imagen 4.7: Instalación de termopar en el molde	51
Imagen 4.8: Medición de temperaturas durante el proceso	52
Imagen 4.9: Pieza vulcanizada	54
Imagen 4.10: Insertos de acero utilizados en las pruebas	56



## Índice de Tablas

Tabla 2.1: Tipos de caucho	17
Tabla 2.2: Equipos utilizados en el proceso	25
Tabla 4.1: Tabla de registros 25% caucho / 75% acero	45
Tabla 4.2: Tabla de registros 15% caucho / 85% acero	45
Tabla 4.3: Datos molde de prueba	48
Tabla 4.4: Planilla de datos tipo	53
Tabla 4.5: Límites de control del caucho 002	53
Tabla 4.6: Dimensiones y pesos de los insertos de acero	56
Tabla 4.7: Aceros utilizados pruebas espesor 70 mm y 50% acero/50% caucho	57
Tabla 4.8: Aceros utilizados pruebas espesor 70 mm y 30% acero / 70% caucho	57
Tabla 4.9: Aceros utilizados pruebas espesor 85 mm y 50% acero / 50% caucho	58
Tabla 4.10: Aceros utilizados pruebas espesor 85 mm y 30% acero / 70% caucho	59
Tabla 4.11: Aceros utilizados pruebas espesor 100 mm y 50% acero / 50% caucho	59
Tabla 4.12: Aceros utilizados pruebas espesor 100 mm y 30% acero / 70% caucho	60
Tabla 4.13: Kilos de caucho y acero necesarios de acuerdo a espesor y composición en peso	60
Tabla 4.14: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 70 [mm]-25% caucho/75% acero	61
Tabla 4.15: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 85 [mm]- 25% caucho/75% acero	61
Tabla 4.16: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 100 [mm]-25% caucho/75% acero	61
Tabla 4.17: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 70 [mm]-15% caucho/85% acero	62
Tabla 4.18: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 85 [mm]-15% caucho/85% acero	62
Tabla 4.19: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 100 [mm]-15% caucho/85% acero	62
Tabla 4.20: Escritura utilizada clasificación de intervalos en las tablas de registros	63
Tabla 4.21: Diferencias de tiempos y porcentajes de disminución espesores 70, 85 y 100 [mm]	63
Tabla 5.1: Ecuaciones para determinar tiempos de vulcanizado 25% caucho / 75% acero	75
Tabla 5.2: Ecuaciones para determinar tiempos de vulcanizado 15% caucho / 85% acero	75
Tabla 6.1: Unidades de producción piezas polimet	82
Tabla 6.2: Diferencia entre caso actual y casos planteados	83
Tabla 6.3: Valores detallados de la inversión planteada	85

## **Índice de Anexos**

Anexo A: Hoja de mediciones pruebas experimentales	89
Anexo B: Certificado de caucho	90
Anexo C: Planilla de ensayos realizados	91
Anexo D: Planilla computacional	145
Anexo E: Ejemplo de aplicación de planilla computacional	146
Anexo F: Registro de reducción de tiempos de vulcanizado	147
Anexo G: Cálculo de ahorros operativos casos	148

# Introducción

El proceso de vulcanizado mediante el moldeo por compresión, realizado en el área de prensas, tiene como objetivo conseguir una pieza de caucho con las especificaciones técnicas exigidas. Esto se obtiene mediante la aplicación de presión, para que el caucho tome la forma del molde, y la aplicación de calor para lograr el curado de este material.

La determinación del estado de cura alcanzado por un compuesto de caucho que se está vulcanizando con una cierta historia térmica tiene en la actualidad, una importancia relevante en la manufactura de productos de caucho. No sólo desde el punto de vista económico en vista de poder reducir costos al establecer con precisión tiempos de cura productivos, sino que también como mecanismo para el desarrollo de las mejores propiedades en la pieza vulcanizada, para así poder competir en un mercado cada vez más competitivo y que exige cada vez una calidad mayor e ingeniería en los productos, específicamente en el sector de la minería.

Tradicionalmente, el establecimiento de los tiempos de vulcanización para el moldeo por compresión fue y sigue siendo realizado por prueba y error, priorizando una máxima reducción de dichos valores más que el logro de óptimas propiedades y de buen comportamiento en el servicio de las piezas de caucho. Pero la tecnología moderna necesita fundamentos más adecuados y precisos.

Este trabajo describe una metodología para poder establecer los tiempos óptimos de vulcanizado para una serie de productos que actualmente se producen en la planta de Metso Minerals Chile. Esto se realizará vinculando los tiempos con parámetros reométricos a través de relaciones tiempo-temperatura de cura, basadas en leyes cinéticas y termodinámicas. El estudio de la transmisión de calor en la pieza que se está vulcanizando permite encontrar los puntos críticos, estratégicos de su geometría, donde se aplicarán las relaciones mencionadas.

Todo este análisis es en base a una plataforma teórica sólida que durante los últimos años se ha desarrollado. Con esto se podrán obtener resultados experimentales, que tomen en cuenta una serie de condiciones de operación que son propias de la planta.

Al concluir este trabajo se espera cumplir con las expectativas trazadas al comienzo, esto es poder optimizar el proceso de vulcanizado, para así poder resolver la problemática que ha tenido curso durante largo tiempo en las operaciones de la fábrica.

# Objetivos

## Objetivo General

- Obtener un diagnóstico del proceso de producción y generar una propuesta de optimización en la fabricación de revestimientos de caucho de la planta de Metso Minerals Concón.

## Objetivos Específicos

- Obtener caracterización de los procesos físico-químicos implicados en el proceso productivo, con particular atención en los fundamentos teóricos del caucho.
- Generar una propuesta de optimización para el proceso en general y específicamente para proceso de vulcanizado del caucho en la Planta de Metso Minerals, realizando ensayos para determinar el tiempo exacto de vulcanizado del caucho a distintos requerimientos.
- Efectuar una evaluación económica del proceso para establecer los costos de operación involucrados.

# 1. Antecedentes Generales de la Empresa

## 1.1. Historia de Metso Corporation

Metso es una corporación internacional en tecnología que sirve a sus clientes en industrias como: la papelera, procesamiento de rocas y minerales, generación de poder y otros selectos sectores industriales.

Metso Corporation se compone de 3 áreas de negocios:

- Metso Paper
- Metso Minerals
- Metso Automation

Los inicios de Metso Corporation se remontan al año 1750, donde existían 2 grandes empresas: Valmet y Rauma. La compañía Valmet fue una empresa dedicada a ser proveedora de papel y tableros para máquinas, mientras que las operaciones de Rauma estaban focalizadas específicamente en tecnología de fibras, chancadores de rocas y soluciones en controles de fluidos.

Luego de funcionar separadas y experimentar, cada una por su parte, varias fusiones con otras empresas de diversos rubros, finalmente decidieron unirse y conformar en 1999 lo que hoy se conoce como Metso Corporation. La fusión condujo a que la empresa se transformara en un gran proveedor de equipos al servicio de los procesos globales en la industria.

## 1.2. Historia de Metso Minerals

Metso Minerals forma parte de una de las 3 áreas de negocios de Metso Corporation. Es un proveedor global de soluciones, equipos y servicios para el procesamiento de rocas y minerales. Su experiencia cubre la producción agregada, el procesamiento de minerales y los minerales industriales, así también como la construcción y el metal reciclado.

Los primeros indicios de Metso Minerals se remontan a la segunda mitad del siglo XIX. Los inicios de esta empresa se deben principalmente a jóvenes ingenieros y grupos de científicos que tuvieron el coraje de empezar algo nuevo. Ellos experimentaron en diferentes componentes para máquinas, probaron soluciones y formaron con ello un nuevo concepto de negocios.

A lo largo de los años la invención y las operaciones originales han cambiado de forma o incluso desaparecido, pero ellos, sin duda, tallaron su marca en el sello de la industria.

El nombre de Metso Minerals fue adquirido cuando Metso Corporation, el conglomerado finlandés, adquiere en su totalidad a Nordberg y Svedala en el año 2001 (figura 1.1), empresas que durante años se dedicaron al procesamiento de rocas y minerales.

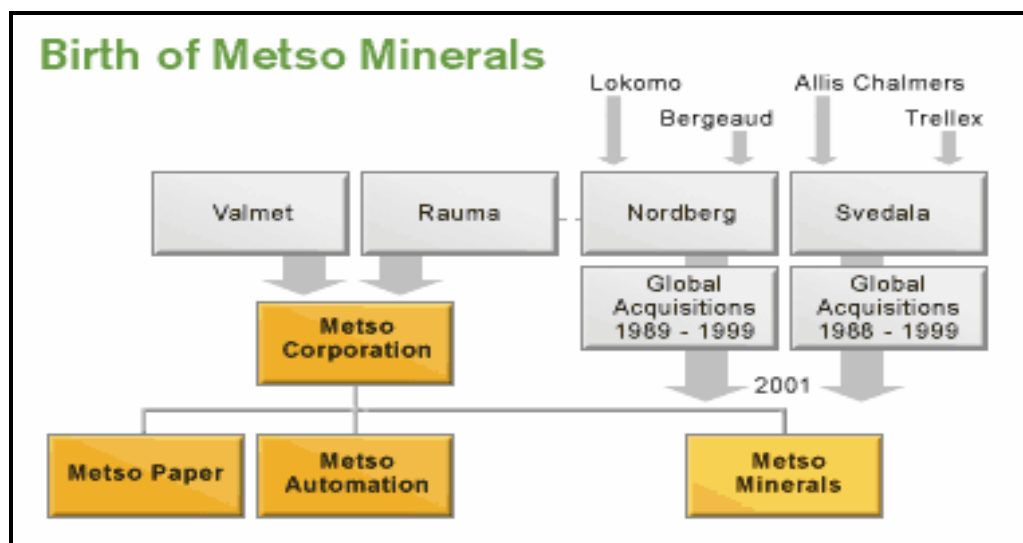


Figura 1.1: Creación de Metso Minerals (Fuente: Sitio web Metso Corporation)

Las instalaciones que hoy en día forman parte de Metso Minerals Chile -específicamente en Concón, V región - son las más grandes de esta compañía en el país y su fundación se remonta al año 1970, donde fue construida la fábrica, cuyo dueño era la empresa Skega de nacionalidad sueca. Tras varios años, esta empresa se fusionó con Svedala, que en los años 90 pasó a formar parte de lo actualmente que se conoce como Metso Minerals.

### **1.3. Propietarios**

Metso Corporation es una empresa sociedad anónima abierta. Esta empresa cotiza hoy en día en la Bolsa de Valores de Helsinki (OMX Nordic Exchange).

Actualmente Metso posee unos 30.000 accionistas, y sus ventas netas alcanzaron aproximadamente los 6.400 millones de euros en el año 2008.

### **1.4. Presencia alrededor del mundo**

Metso posee operaciones en los 5 continentes, en más de 50 países. En Europa está posicionada en países como Bélgica, Finlandia, Francia, Alemania, Gran Bretaña, Italia, Noruega y Suecia. En Norte América Metso tiene producción en Canadá y Estados Unidos. En Sudamérica posee operaciones en Brasil, Chile, México y Perú. En África tiene producción en Sudáfrica y en Asia – Pacífico su producción está presente en países como China, India, Australia y Nueva Zelanda.

Metso Minerals posee una gran red de contactos con más de 500 ubicaciones de servicio en más de 150 países. Por lo tanto, Metso Corporation y en su área de negocios como Metso Minerals es clasificada como una empresa multinacional posicionada como una compañía de Clase Mundial.

En Chile esta compañía se hace presente en diferentes ciudades como: Antofagasta, Concepción, Concón y Santiago; en esta última es donde se encuentra la casa matriz de Metso Minerals Chile.



Para el caso específico de la fábrica de Metso Minerals, ésta se encuentra en el Camino Internacional N°5725, comuna de Concón. La figura 1.2 muestra en detalle las instalaciones de la fábrica y su ubicación en el espacio.

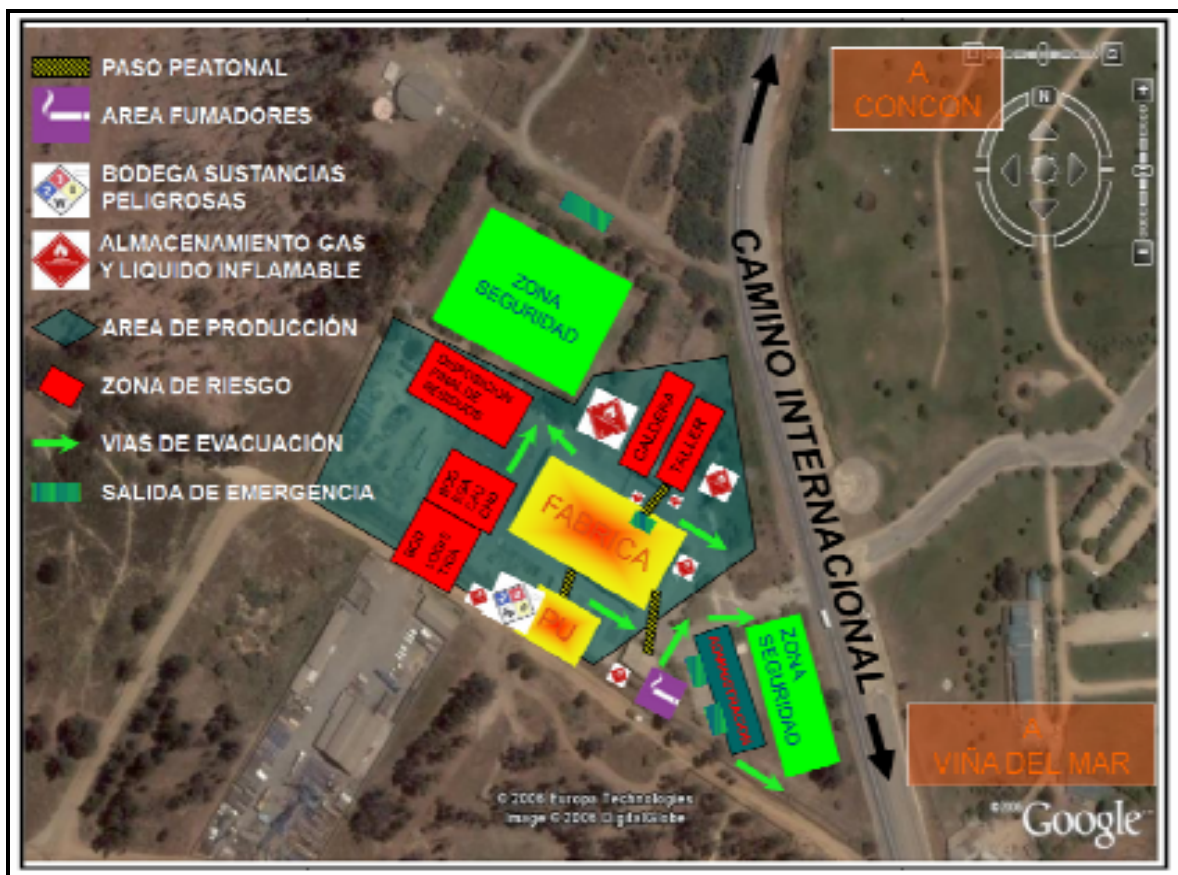


Figura 1.2: Vista ubicación Metso Minerals Concón (Fuente: Área Prevención de Riesgos Metso Chile)

## 1.5. Recursos Humanos

Metso Corporation cuenta con 50 sucursales en los 5 continentes. En total posee 29.322 empleados alrededor del mundo.

Metso Minerals se encuentra posicionada en el mundo como área de negocios, las cuales se dividen en 38 fabricas alrededor del mundo y 135 unidades de ventas y servicios que se encuentran presentes en 45 países. Su capital alcanza los 10.000 trabajadores distribuidos en las diversas áreas de negocios existentes.

Metso Minerals Chile posee 578 empleados a lo largo de todo el país, más de 125 personas dedicadas al área de servicios, además de 25 ingenieros certificados. La fábrica ubicada en Concón posee un capital humano de 82 personas, los que se dividen en profesionales como: ingenieros, administradores de empresas, prevencionistas en riesgo, secretarias, contadores y trabajadores de fábrica.

## 1.6. Productos y Servicios

Los principales productos de Metso Minerals por línea de producción son:

- . Trituración y Cribado (“Crushing & Screening”)
  - Trituradoras
  - Cribas
  - Alimentadores
  - Cintas Transportadoras
  - Equipos Móviles
  
- . Procesamiento de Minerales
  - Molinos
  - Equipos de Separación
  - Bombas
  - Procesamiento por Pirólisis
  - Manejo de Materiales a Granel

- Protección contra el desgaste y Sistemas transportadores
  - Revestimientos para Molinos
  - Material de Cribado
  - Protección contra el desgaste
  - Cintas Transportadoras/accesorios
  - Protección contra el Polvo
  - Manguera para lodos
  
- Servicios
  - Piezas de desgaste y Repuestos
  - Mantenimiento Preventivo
  - Mantenimiento y Reparación
  - Contratos de Mantenimiento Total

## 1.7. Línea de producción de Metso Minerals Chile

La fábrica de Metso Minerals ubicada en Concón basa sus operaciones en la producción de revestimientos de molinos. Estas unidades cumplen un rol primordial en el funcionamiento de estos equipos, ya que tienen como función proteger el casco del molino contra los impactos de la roca. La figura 1.3 muestra algunas piezas que cubren al molino. Se producen dos tipos de revestimientos:

- Revestimientos de goma: poseen sólo caucho.
- Revestimientos polymet: están constituidos por una combinación de acero (insertos metálicos) y caucho.

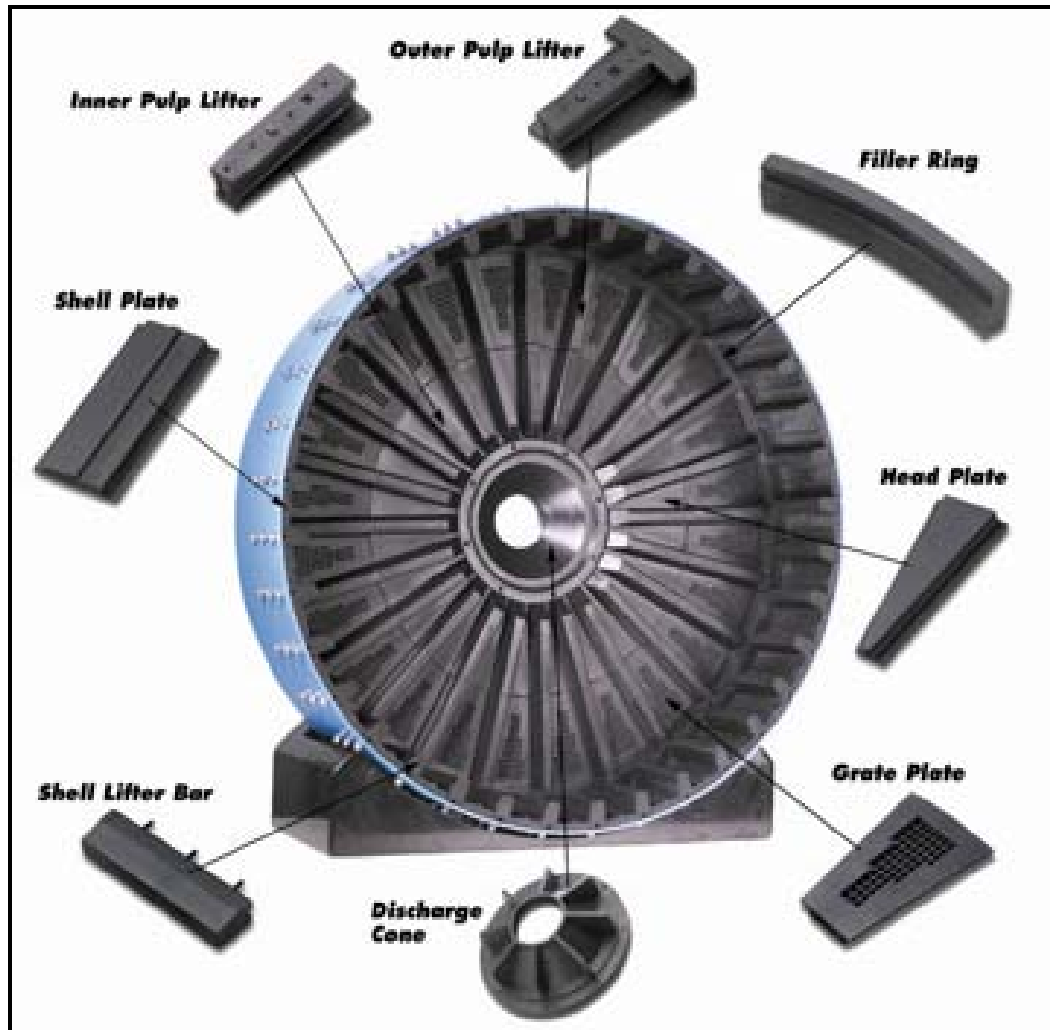


Figura 1.3: Revestimientos de caucho y su ubicación en los molinos (Fuente: Sitio web Camese)

Dentro de los productos elaborados para cada tipo de revestimiento, se destacan:

➤ **Revestimientos de goma**

- Anillos
- Corazas
- Lifter
- Mallas
- Barras
- Lainas
- Parrillas
- Nervios
- Planchas PML

➤ **Revestimientos polimet**

- Lifter Polymet
- Corazas Polymet
- Barras Polymet
- Placas Polymet

## **1.8. Clientes**

Metso Minerals posee una visión orientada a la satisfacción del cliente, por lo que ofrecen un alto rendimiento para poder lograr este propósito. Esto es mediante:

- Mayor calidad del producto final.
- Mayor producción.
- Mayor disponibilidad.
- Menores costos operativos.
- Altos niveles de seguridad y sustentabilidad.

Metso Minerals Chile cuenta con un amplia cartera de clientes alrededor del país, donde es posible destacar las siguientes faenas mineras: Collahuasi, Escondida, Codelco Andina, Minera Candelaria, Mantos de Oro, El Soldado, Los Pelambres, Chuquicamata y Los Bronces.

## **1.9. Proveedores**

Para la confección de los revestimientos de caucho y productos polimet, la fábrica de Metso Minerals debe abastecerse de materias primas esenciales como caucho y acero.

En el caso del caucho, la empresa que provee de este material es INGEMAR de nacionalidad sueca, la cual se dedica a la producción de caucho natural y sintético. Esta materia prima es importada directamente desde las fábricas en Suecia hacia las bodegas de Metso Minerals Chile por medio de transporte marítimo.

Para el abastecimiento de acero, Metso Minerals Chile posee dos proveedores de insertos metálicos: la empresa SSAB de nacionalidad sueca, proveedora de acero HARDOX y la empresa JFE de nacionalidad japonesa que provee de acero NKK.

Por su parte, los refuerzos metálicos que se utilizan para ciertos productos de goma son comprados a maestranzas nacionales.

Cabe destacar, que Metso Minerals Chile al igual que Metso Minerals Perú son las únicas fábricas que compran acero y los procesan en sus instalaciones para poder fabricar estos productos, ya que en las demás fabricas de Metso Minerals alrededor del mundo compran los insertos metálicos pre fabricados.

## **1.10. Competidores**

Los potenciales competidores de Metso Minerals Chile, en cuanto a productos en su línea de revestimientos de goma y polymet se refieren, son:

- CAINSA
- ICR
- VULCO
- KUPFER

En cuanto a sus principales competidores en la línea de productos de acero son:

- ELECMETAL
- ACEROS CHILE

## 1.11. Estadísticas de Producción y Ventas

Las ventas netas en las diferentes áreas de negocios de Metso alrededor del mundo se han estimado en más de 6.400 millones de euros anuales en el 2008. En el caso de Chile, esta cifra aumentó desde 92 millones de euros el año 2007 a 128 millones de euros en el 2008.

En tanto, las ventas netas por área de mercado del año 2008 se detallan en el gráfico 1.1.

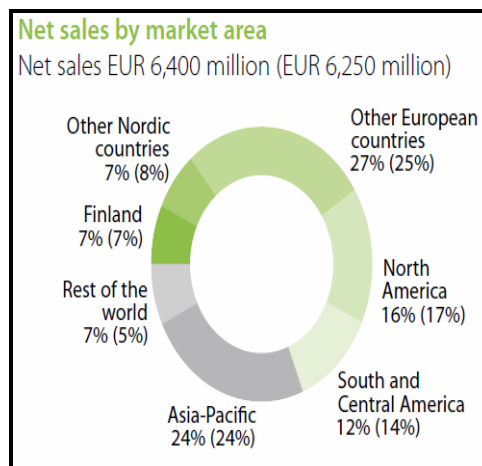


Gráfico 1.1: Ventas netas por área de mercado 2008 (Fuente: Sitio web Metso Corporation)

Una vez revisados los aspectos generales de la empresa, se detallará el proceso productivo realizado en la planta de Metso Minerals ubicada en Concón.



## 2. Proceso Productivo

En este capítulo se detallará el proceso de producción de los revestimientos polimet, su diagrama de flujo, etapas del proceso y los equipos utilizados para llevar a cabo esta tarea.

### 2.1. Diagrama de flujo del proceso

El proceso de producción que se lleva a efecto en la fábrica de Concón, al cual se referirá este estudio, tiene como objeto la fabricación de revestimientos polimet.

La figura 2.1 describe en detalle cada uno de las etapas de producción.

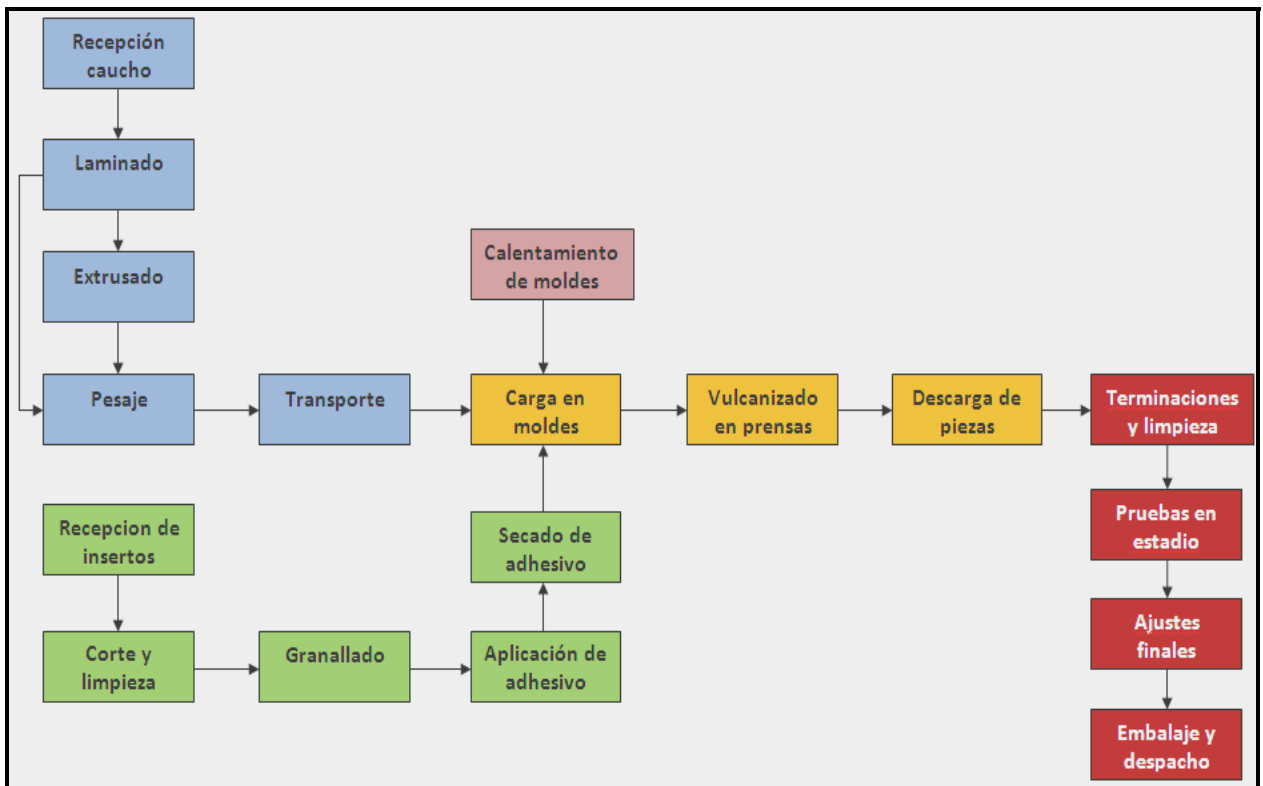


Figura 2.1: Diagrama de flujo del proceso de producción de revestimientos polimet

Los cuadros de color azul corresponden a las etapas en las que el caucho es sometido a transformaciones, las de color verde a los insertos y las de color naranja a las etapas en las que se fusionan tanto los insertos como el caucho. Finalmente, los cuadros de color rojo corresponden a pruebas de calidad y ajustes por las que pasan las piezas terminadas.

## **2.2. Procedimientos preliminares para la elaboración de piezas polimet**

La fabricación de piezas se realiza a pedido, debido a la gran variedad de molinos que existen en el área de la minería y a las diferentes geometrías que poseen estos productos.

El cliente envía una orden de compra con las especificaciones técnicas de los productos requeridos. Ésta es recibida por el área de producción que genera una orden de trabajo y la hace llegar al área de proyectos. Esta área está encargada de generar tanto los planos de las piezas a fabricar como de los moldes respectivos. La herramienta para llevar a cabo esta tarea es el programa AUTOCAD.

Luego de generar los planos de las piezas y de los moldes, éstos se envían al área de fábrica para comenzar el proceso de producción de los productos.

El área de prensas trabaja a 3 turnos en faena continua. Los operarios se separan en grupos, formados por 6 personas, en el cual uno de ellos queda como un jefe de turno encargado. Los operarios que forman parte de estos grupos, se separan el trabajo entre la laminadora, extrusora y las prensas.

Durante los turnos de día, existen 2 supervisores del área de prensas, los cuales están a cargo de toda la operación.

## **2.3. Sistemas de Calidad**

La fábrica de Metso Minerals está certificada por la norma ISO 9001/2000 y 14001:1996. Por otra parte, posee sistemas de manejo interno mediante el programa de Lotus Notes para gestión de la calidad, en donde se identifican los hallazgos encontrados en piezas con defectos y se especifican las acciones correctivas en cada caso.

Por otra parte también cuenta con otros sistemas de estadísticas y de gestión que fueron diseñados internamente por el Jefe de control de calidad, sistema que logra reflejar su gestión a cargo del área de calidad de la fábrica.

## 2.4. Descripción de las etapas del proceso productivo

### ➤ Recepción del caucho

El caucho crudo es enviado en pallets desde Suecia. Al llegar a la fábrica, es recepcionado y almacenado en bodegas especialmente acondicionadas para cumplir con los estándares de calidad. De acuerdo a los requerimientos de producción y demanda, se transportan pallets de caucho desde la bodega al área de fábrica para comenzar con el proceso de producción de piezas polimet.

Imagen 2.1: Zona de recepción del caucho en área de fábrica



Para la confección de revestimientos se utilizan 4 tipos distintos de caucho, los cuales son especificados en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Tipos de caucho

Tipo de caucho	Nomenclatura	Composición	Dureza
002	NR/BR	Caucho natural / Polibutadieno	57-66
367	SBR	Caucho estireno butadieno	57-65
040	NR	Caucho natural	35-45
024	SBR	Caucho estireno butadieno	59-66

Mientras los cauchos 002 y 367 se utilizan en la fabricación de revestimientos, el caucho 040 se descarta debido a su baja dureza y el 024 posee bajas propiedades cinéticas.

Las piezas polimet son confeccionadas con caucho 002, por lo cual este caucho será motivo de estudio en esta investigación.

### ➤ Laminado de caucho

El laminado de caucho corresponde a la primera etapa del proceso productivo. El equipo utilizado es la laminadora, que está compuesta por 2 cilindros lisos que giran a diferente velocidad. Esta acción produce calor mecánico que debe ser enfriado mediante un sistema de refrigeración.

Al pasar el caucho crudo entre los cilindros, se produce un fenómeno de masticación, en donde el material pierde viscosidad y logra su estado de homogenización.

Como producto final, se obtienen láminas de caucho a espesores de 5, 10, 15 y 20 [mm] y a temperaturas de aproximadamente 85 °C. Las dimensiones se obtienen mediante el grado de separación de los cilindros y las temperaturas son producto del contacto entre el caucho y los cilindros. En la fábrica operan 2 laminadoras, las cuales son de diferentes dimensiones.

Imagen 2.2: Laminadora de caucho



➤ **Extrusado del Caucho**

La extrusión es un proceso de conformado que se basa en la compresión, en el cual se fuerza al material a fluir a través de un orificio de un dado para generar un producto largo y continuo, cuya forma transversal queda determinada por la forma del orificio.

La extrusora está constituida de las siguientes partes:

- Cámara de compresión: lugar donde se instala el material a extrudir.
- Pistón: ejerce la presión en la cámara de compresión para conformar el material.
- Dado: lugar por donde sale el material extrudido que puede ser de diferentes geometrías.

La extrusora es alimentada con rollos de láminas provenientes de la laminadora.

Este proceso se utiliza para obtener barras de caucho, llamadas “blanks”, para el posterior moldeo de los revestimientos, que salen a una temperatura de 90 °C aproximadamente. La fábrica cuenta con 2 de estos equipos, siendo uno solamente el que está operativo.

Imagen 2.3: Extrusora de caucho



Imagen 2.4: Rollos de láminas



➤ **Pesaje y transporte**

Las especificaciones técnicas contenidas en los planos, indican la cantidad exacta en peso de caucho necesario para la elaboración de las piezas. Por lo tanto, el caucho tratado en la laminadora y la extrusora, debe ser equivalente a los kilos de caucho señalado en los planos. Para comprobar dicha regla, estas cantidades son pesadas en una balanza digital, que visualiza este peso en kilos.

Luego del pesaje, el caucho se transporta en carros hasta el área de prensas.

Imagen 2.5: Balanza digital



➤ **Calentamiento de moldes**

Los moldes que se confeccionan para moldear las piezas, son calentados hasta llegar a una temperatura de 150 °C como condición de operación para favorecer el proceso de vulcanizado. Esta acción se realiza en las prensas, mientras se realiza las etapas del caucho previas al vulcanizado.

➤ **Corte y limpieza de insertos**

Una vez recepcionados los insertos, son cortados por operarios de maestranza de acuerdo a las medidas especificadas en los planos de las piezas a fabricar para luego pasar al autoclave donde el óxido presente en su superficie es retirado.

➤ **Granallado**

Este proceso consiste en bañar a los insertos con una capa de polvo metálico sobre la superficie que estará en contacto con la goma. El propósito de esta acción es brindar a la superficie del acero una base rugosa, para que así la goma pueda adherirse con mayor facilidad y resistir de mejor manera los golpes provocados por la roca al interior de los molinos.

➤ **Aplicación y secado de adhesivo**

Posterior al proceso de granallado, es necesario pintar a los insertos con adhesivo, el cual actúa como pegamento entre la goma y el acero. Una vez pintados los insertos con este adhesivo, se debe dejar secando a temperatura ambiente, al menos 2 horas, para que así este se pueda impregnar de mejor manera en la superficie del acero.

➤ **Cargas en moldes**

Una vez que el molde alcanza la temperatura ideal de trabajo, se procede a cargar el molde tanto con las preformas de caucho provenientes del laminado y extrusado como con los insertos que compondrán la pieza polimet. Este procedimiento se realiza de acuerdo a las especificaciones detalladas en los planos elaborados por el área de proyectos.

➤ **Vulcanizado del caucho (moldeo)**

El proceso de vulcanizado del caucho se puede describir como la creación de entrecruzamientos intermoleculares producidos por sustancias químicas vulcanizantes, tales como el azufre. Este fenómeno hace que el caucho crudo logre propiedades físicas interesantes, como mayor dureza y resistencia, menor deformación permanente por



compresión, menor histéresis, al igual que un aumento en su resistencia por tracción y al desgarre.

El moldeo por compresión utilizado en la fábrica, es necesario para llevar a cabo el vulcanizado del caucho, además de darle una forma definida según el diseño del producto. Este proceso se lleva a cabo en prensas hidráulicas y contiene diferentes variables como: temperatura, presión y tiempo, las cuales son importantes para tomar decisiones acerca de mejorar la calidad de los productos. Una vez terminado el proceso de moldeo, el caucho sale vulcanizado y ya ha adquirido las características físicas, mecánicas y geométricas requeridas para lograr su función dentro del molino. El área de prensas posee 8 prensas de distintas dimensiones. Cada una de las prensas posee 3 platos vaporales, que son los que suministran el calor al proceso, debido a que son calentados mediante vapor proveniente de la caldera.

Imagen 2.6: Prensa hidráulica





➤ **Terminaciones y limpieza**

Luego de la descarga de la pieza se procede a realizar una inspección visual. Si ésta es aprobada, la pieza es sometida a limpieza por los operarios, debido a residuos de caucho que quedan en su superficie. Una vez hecho este trabajo, un inspector de calidad mide sus dimensiones para comprobar la similitud con las especificadas descritas en los planos.

➤ **Pruebas de estadio**

Esta prueba consiste en probar la pieza en una estructura que posee las mismas dimensiones de un molino. Ésta se encuentra ubicada en el área de productos terminados. Si el producto calza de forma correcta, la pieza es aprobada. En el caso de no calzar, se rechaza y debe ser refabricada.

➤ **Ajustes finales**

Estos ajustes corresponden a la medición de dureza de la pieza. Esta toma se lleva a cabo con un durómetro, el cual posee una aguja. Cuando se entierra esta aguja sobre el producto, el durómetro indica el grado de dureza. El rango de dureza para su aprobación es de 55 a 65 Shore A. Si no se logra un valor bajo del rango de dureza la pieza es rechazada.

➤ **Embalaje y despacho**

Las piezas aprobadas pasan al área de productos terminados para ser embaladas y despachadas al cliente.

En el caso de las piezas que no pasan la inspección visual, éstas son sometidas a una toma de muestra llamada testigo. El testigo es sacado del centro de la pieza defectuosa por intermedio de un taladro, con el objeto de comprobar la presencia de poros dentro de ésta. Otra prueba que es utilizada generalmente es la prueba de ultrasonido.

## 2.5. Sistema de generación de energía

El autoclave y las 8 prensas requieren de vapor para poder llevar a cabo sus funciones. La generación de vapor es realizada por una caldera del tipo ígneo tubular, que opera con combustible Fuel Oil N°6. La figura 2.2 muestra el ciclo de vapor, el cual sale de la caldera a una presión entre 10,5 y 11 [kg /cm<sup>2</sup>].

Luego, éste llega a unos reductores donde se generan 2 flujos con presiones diferentes: un flujo con presión de 4 [kg /cm<sup>2</sup>] que va al autoclave y el otro flujo con presión de 8 [kg /cm<sup>2</sup>] que abastece a las prensas. En el área de prensas se aumenta la presión de vapor a 9,5 [kg /cm<sup>2</sup>], presión a la cual entra el vapor a los platos vaporales. El condensado se recupera y se recicla. Este ciclo de generación de vapor presenta una caldera adicional, la cual es utilizada en caso de falla de la unidad principal

Según datos del área de mantención de la fábrica, la producción mensual promedio de vapor es de 500 toneladas.

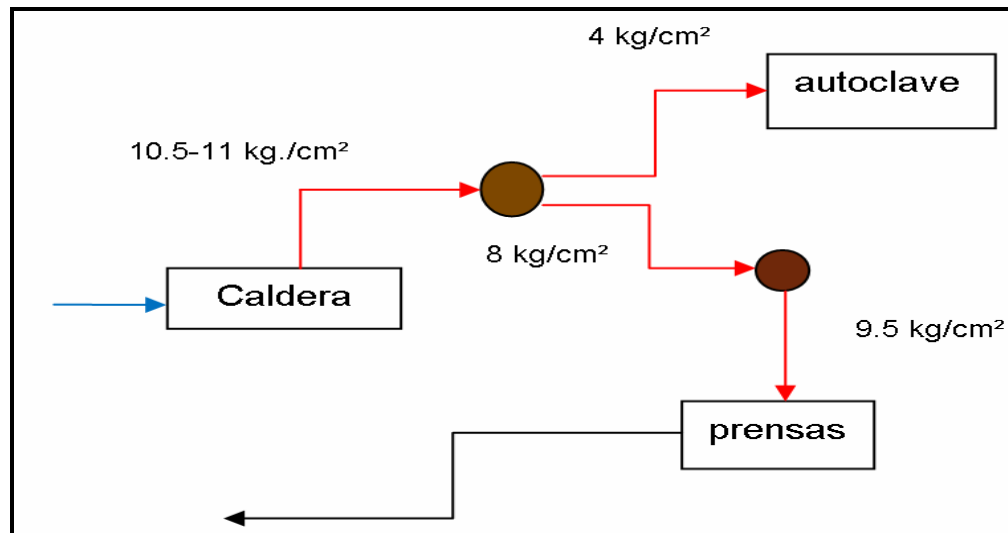


Figura 2.2: Ciclo de generación de vapor

## 2.6. Descripción de los Equipos Utilizados

La tabla 2.2 detalla todos los equipos utilizados en el proceso, la cantidad presente de cada uno de ellos y sus datos técnicos.

Tabla 2.2: Equipos utilizados en el proceso

Equipo	Cantidad	Descripción
Calderas	2	Ígneo tubular 3 pasos; $F_{\text{vapor}}=2000$ kg/hr Ígneo tubular llama reversa; $F_{\text{vapor}}=2000$ kg/hr
Laminadoras	2	500[mm]x1500[mm] ( $\emptyset$ x largo) 500[mm]x1000[mm] ( $\emptyset$ x largo)
Extrusoras	2	Capacidad = 600 kg/hr
Prensas	2 2 3 1	3 Platos vaporales=1500[mm]x1500[mm] 3 Platos vaporales=1000[mm]x2000[mm] 3 Platos vaporales=900[mm]x1400[mm] 3 Platos vaporales=500[mm]x500[mm]
Autoclave	1	11 [m] x 1,5 [m] $\emptyset$
Puente Grúa	2	10 [Ton] cada uno

## 2.7. Mapa General del Área de Fábrica

La figura 2.3 muestra la ubicación de todas las áreas que componen el área de fábrica con los respectivos equipos.

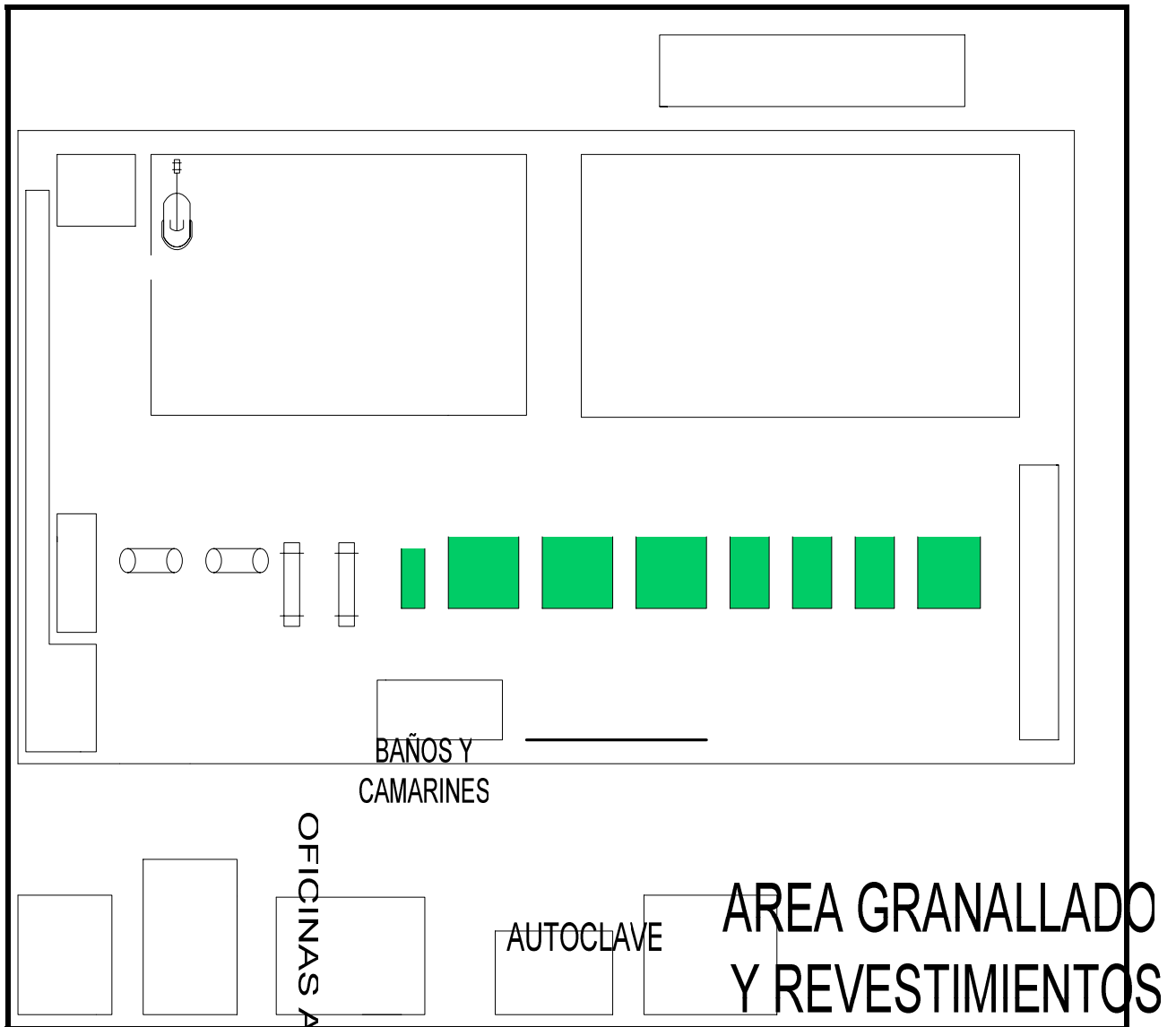


Figura 2.3: Lay out área de fabrica Metso Minerals Concón

Efectuada la descripción global del proceso productivo, se realizará el diagnóstico de la problemática actual.

### 3. Análisis y diagnóstico del proceso de vulcanizado del caucho

#### 3.1. Proceso de Vulcanizado por Moldeo por Compresión

El moldeo por compresión es un proceso antiguo y muy utilizado en la industria actualmente. La técnica de moldeo es usada ampliamente para polímeros termofijos y elastómeros, como es el caso del caucho. En la figura 3.1 se muestran las distintas partes que componen este proceso.

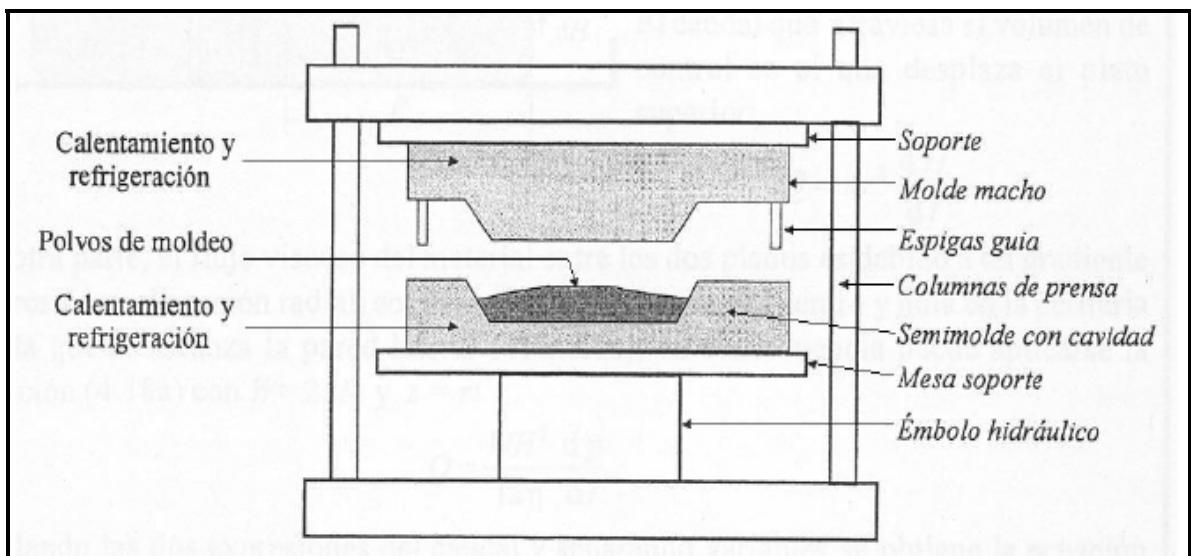


Figura 3.1: Partes constitutivas del proceso de vulcanizado (Fuente: Bibliografía 1)

El proceso realizado por el área de fábrica de Metso Minerals es el siguiente:

1. Se coloca en el fondo de un molde a una temperatura de 150 °C, una cantidad fija de caucho, llamada "carga", la que está a una temperatura de 70 °C app.
2. Se unen las mitades del molde para comprimir la carga y forzarla a tomar forma de la cavidad. Para lograr esto se aplica una presión hidráulica aproximada de 200 [kg / cm<sup>2</sup>].
3. Se calienta la carga a través del molde para que polimerice y cure el material, transformándose en una pieza sólida durante un tiempo determinado.
4. Finalmente, se abre el molde y se retira la parte de la cavidad.

La carga inicial del compuesto de moldeo puede estar en forma de polvos, pellets, líquido o partes preformadas. Este último es el caso utilizado por Metso Minerals. Es en esta etapa donde el caucho termina su evolución. Debido a la aplicación de calor, el caucho pasa de un estado crudo a un estado vulcanizado. Esta transformación implica la ganancia gradual de fase elástica, a expensas de la pérdida de fase plástica<sup>1</sup>.

La cantidad de polímero debe controlarse con toda precisión para obtener una consistencia uniforme en el producto moldeado. Se ha vuelto una práctica común precalentar la carga antes de colocarla en el molde, ya que esto suaviza el polímero y acorta la duración del ciclo de producción. La fábrica de Metso Minerals ha visto en esto una gran importancia, actualmente se trata de poder aprovechar al máximo el calentamiento por parte de la extrusora y laminadora, encargadas de fabricar la preforma para ser cargada del molde. Por ello acortar el tiempo de espera de preforma es de vital importancia.

Las prensas de moldeo por compresión están orientadas verticalmente y contienen dos placas las cuales sujetan las mitades del molde. El proceso involucra dos tipos de actuación:

1. Carrera ascendente de la placa del fondo.
2. Carrera descendente de la placa superior.

Un cilindro hidráulico acciona generalmente las placas, el cual puede diseñarse para suministrar fuerzas de sujeción de hasta varios cientos de toneladas.

En este sistema de moldeo no se utilizan sistemas de alimentación, además procesan partes de formas más simples debido a que los materiales termofijos poseen una capacidad de flujo más baja.

Los moldes de compresión pueden clasificarse en:

- Moldes manuales, usados en corridas de ensayos
- Moldes semiautomáticos, en los cuales a la etapa de prensado le sigue un ciclo programado, pero el operador carga y descarga manualmente la prensa.
- Molde automático, el cual opera bajo ciclos de prensado completamente automático en carga y descarga.

<sup>1</sup>: "Friedenthal Esteban.2004. Tecnología básica del caucho. Cursos CITIC-INTI .Buenos Aires."

Los moldes utilizados por Metso, pueden considerarse como semiautomáticos, ya que el operador realiza todas las tareas de carga y descarga y es quien generalmente toma las decisiones operacionales.

El proceso de moldeo por compresión posee notables ventajas, como por ejemplo: es un proceso simple, menos costoso, requiere de bajo mantenimiento, genera poco desperdicio y deja esfuerzos residuales en las partes moldeadas. La principal desventaja es la mayor duración del ciclo y, por tanto, la velocidad de producción es más baja que, por ejemplo otra técnica como el moldeo por inyección.

### 3.2. Problemática actual

Este estudio tiene por objeto resolver uno de los problemas que está presente hoy en día y que afecta directamente al área de producción y control de calidad en la fábrica de Metso Minerals Chile ubicada en Concón.

El problema fundamental se encuentra situado en la etapa de vulcanizado (moldeo por compresión), proceso que se utiliza para poder fabricar los revestimientos de goma y polimet utilizados por los diferentes tipos de molinos en la minería. El inconveniente radica principalmente en conocer el tiempo exacto en que el caucho debe ser curado dentro del molde, para así completar el proceso de vulcanizado que convierte al caucho en goma transformándolo así en el producto final que es entregado a los clientes.

Actualmente, la fábrica opera y ha operado a lo largo de su historia, en base a la técnica de prueba y error en la fabricación de estos productos, esto se debe principalmente a la no existencia de una base teórica sólida que explique el comportamiento del caucho con la temperatura.

Debido a la gran cantidad de variables que gobiernan el proceso, la empresa decidió establecer los tiempos de vulcanizado en base a los espesores (alturas) que poseen las piezas a fabricar. Para esto, se determinó una fórmula que relaciona directamente el espesor con el tiempo de vulcanizado, que es:

$$Tiemposvulcanizado = \left( h[mm.] * 1 \left( \frac{\min}{mm.} \right) + 20 \right) * 1.1 \quad (1)$$

Por ejemplo, una pieza que posee un espesor de 60[mm] se le asignará un tiempo de  $(60[mm.] * (1 \text{ min} / mm.) + 20) * 1.1$ , obteniéndose un tiempo de vulcanizado de 88[min]. Esta regla ha permitido asignar tiempos de vulcanizado a sus productos y simultáneamente utilizando la técnica de prueba y error, retroalimentar así los tiempos según la historia productiva de la pieza. Sin embargo, existen otras variables del proceso que influyen en el resultado final, generando incertidumbre respecto de los tiempos reales de vulcanizado a los cuales debe ser sometida la pieza, las cuales son:

#### **a. Descensos de temperaturas de las preformas y del molde**

Tanto las preformas, correspondientes a caucho procesado proveniente de las etapas de laminado y extrusado, como el molde deben cumplir las siguientes condiciones de operación.

- Los “blanks” o barras de caucho deben estar a una temperatura igual o superior a los 70 °C al momento de ser cargados en el molde<sup>2</sup>.
- Las láminas de caucho deben estar a una temperatura igual o superior a los 60 °C cuando se carguen en el molde<sup>2</sup>.
- La temperatura a la cual debe estar el molde para el inicio del vulcanizado es igual o mayor a los 150 °C<sup>2</sup>.

Sin embargo, en algunos casos estos parámetros no se cumplen, debido al enfriamiento de las preformas y del molde, ya que los tiempos de carga de algunas piezas son extensos. Es por esta razón, que el área de fábrica aplica un tiempo de vulcanizado mayor al determinado por la regla, para así asegurar un producto bien acabado.

#### **b. Aplicación de la regla a piezas de diferentes composiciones de caucho**

La ecuación (1) es aplicada a todo tipo de piezas, tanto goma como polymet, sin tomar en cuenta la diferencia de composición de caucho que existe entre estos dos tipos de productos.

<sup>2</sup>: “Juan Bustamante, Jefe de Área Proyectos, Metso Minerals, Concón V Región. [Entrevista 5 Julio 2008]”.



### c. Disposición de moldes en las prensas

Las prensas en las cuales se realiza el moldeo están configuradas para trabajar a dos pisos (contienen 3 platos vaporales). Tienen la ventaja de poder incrementar la producción, ya que se puede trabajar al mismo tiempo con dos moldes. Sin embargo, estos platos no están habilitados para poder trabajar de forma independiente, esto quiere decir que ambos trabajan con el mismo sistema hidráulico, por lo que ambos empiezan y terminan al mismo tiempo. En algunos casos, se aplican las mismas condiciones de operación para piezas de diferentes espesores, lo que provoca que una de ellas no cumplirá los requerimientos exigidos, ya que los productos que poseen mayores dimensiones necesitan una mayor cantidad de tiempo para poder ser vulcanizadas.

Toda la problemática anterior trae consigo diferentes consecuencias para la empresa:

- Se producen muchas veces demoras en la fabricación, en el cumplimiento de las órdenes de trabajo y en los tiempos de entrega.
- Un aumento en el consumo de energía por parte de la planta, ya que los continuos reprocesos y tiempos inadecuados de producción elevarán el consumo de energía.
- Algunas de las piezas procesadas no cumplen con los requerimientos y características físicas que deberían tener, lo que ocasiona un alto reproceso de productos y pérdida de material.
- Una de las piezas tendrá los requerimientos establecidos, pero la otra no los cumplirá o estará muy al límite de no estarlo, por lo cual, se podrá detectar en ese momento o en un futuro cercano un problema de falla, ya que debido al uso de estos revestimientos se deben considerar que dentro de sus características deben soportar golpes, abrasión y desgaste.

### 3.3. Influencia de la Temperatura en la cura del caucho

La vulcanización puede definirse como el proceso de creación de entrecruzamientos intermoleculares producidos por sustancias químicas vulcanizantes. La generación de “puentes” de vulcanización tiene una cinética definida, tanto de su formulación como también de la temperatura de vulcanización.

Durante las últimas décadas, varios aparatos de laboratorio intentaron visualizar esa cinética de la vulcanización pero, ciertamente, el más efectivo y generalizado ha sido el reómetro.

El reómetro es un instrumento usado para medir las propiedades reológicas de los materiales tanto en esfuerzo como en deformación controlada.

Las propiedades reológicas pueden dividirse en dos grupos:

- Propiedades reológicas intrínsecas: que son aquellas que pueden definirse como parámetros en una ecuación, tales como elasticidad, viscosidad, plasticidad y deformación.
- Propiedades tecnológicas: que son las que pueden medirse experimentalmente y pueden incluirse la penetración, la ductilidad, etc.

El reómetro genera una curva la cual se denomina curva reométrica, mostrada en la figura 3.2. Esta curva puede concebirse como la evolución del grado de avance de la vulcanización. Los tres puntos más importantes de esta curva son: scorch, el punto burbuja  $t_{50}$  y el punto de cura óptima u óptimo reométrico  $t_{90}$ .

El scorch físicamente refleja una medida de la resistencia a la prevulcanización. El punto burbuja corresponde al punto de la curva situado en el 50% del recorrido entre el mínimo y el máximo. Conceptualmente, significa el grado de viscoelasticidad mínimo necesario para asegurar que ya no habrá deformaciones plásticas en el compuesto. Es a partir de ese punto que estará habilitada la apertura de una prensa de vulcanización sin que los volátiles que tiene el compuesto, en la última parte del ciclo de cura, empujen al material generando ampollas o burbujas.

Se ha determinado que de todos los puntos de la curva, el que corresponde al 90% del recorrido entre el mínimo y el máximo es el denominado óptimo geométrico. Con ese grado de cura, los compuestos tienen el mejor conjunto de propiedades que se pueda obtener.

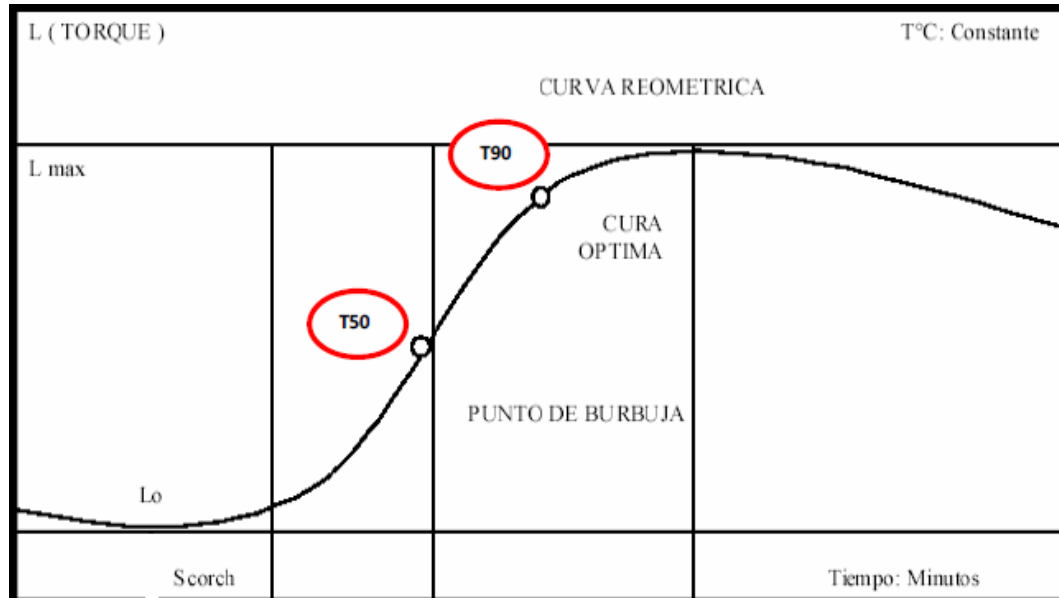


Figura 3.2: Curva reométrica del caucho (Fuente: Curso de caucho dictado para Metso Minerals)

En el reómetro tiene lugar una vulcanización isotérmica y los nuevos modelos han eliminado prácticamente el pequeño periodo transiente de calentamiento de la muestra (reómetros “moving die”, sin rotor).

Imagen 3.1: Reómetro



Se debe tomar en cuenta que todas las propiedades de los compuestos experimentan un cambio a medida que transcurre el tiempo de vulcanización. Específicamente, las características dependientes de la fase elástica (módulo, dureza, resiliencia) aumentan, mientras que aquellas que dependen de la fase plástica (deformación permanente por compresión, histéresis) disminuyen. En cambio, las propiedades mecánicas presentan un tiempo de cura óptimo (resistencia a la tracción y al desgarre)<sup>3</sup>.

Estas relaciones demuestran que, además del tipo de elastómero, el nivel de cargas, el sistema de aceleración, entre otras, el tiempo y temperatura de vulcanización son variables de la mayor importancia, determinantes de los mejores valores de las propiedades, especialmente en el caso de tener que resolver una solución de compromiso entre ellas.

La variación continua de temperatura, tanto en la etapa de calentamiento como enfriamiento, no permite la utilización directa de la curva reométrica para establecer el tiempo óptimo en la vulcanización real. Por lo tanto, se necesita una vinculación matemática tiempo-temperatura que relacione la cura real de la prensa con la ideal, isotérmica, del reómetro.

Para realizar esta vinculación matemática se utilizará la ecuación de Arrhenius, que liga la cinética química de la vulcanización con la temperatura. Al aplicar la relación anterior permitirá encontrar la equivalencia entre la vulcanización real y la reométrica, dada una temperatura, y a esta temperatura se le llamará Temperatura de Referencia.

La ecuación de Arrhenius (ec. (2)) está dada de la siguiente forma:

$$\frac{d \ln K}{dt} = \frac{Ea}{RT_i}$$

$$K = C * e^{\left(\frac{-Ea}{RT_i}\right)} \quad (2)$$

Donde:

K: Constante específica de velocidad de reacción

Ea: Energía de activación del compuesto [J/mol]

R: constante de los gases ideales [J/mol K]

<sup>3</sup>: "Friedenthal, Esteban. 2007. *Curso Metso Minerals [Diapositivas]. Viña del Mar. 148 diapositivas.*"

$T_i$ : Temperatura absoluta medida por el termopar en la pieza [K]

$t$ : tiempo [min]

$C$ : Constante de integración

Si se acepta que la vulcanización de un típico compuesto de caucho es una reacción química con cinética de orden cero, a una temperatura dada podemos afirmar que:

$$K * t = f(v) \text{ Donde } v: \text{ grado de avance de la reacción}$$

Entonces trabajando con un grado de avance definido (por ejemplo 90% de la cura total) resulta:

$$K * t = cte$$

Reemplazando esto en la ecuación (2), se tiene:

$$t * e^{\left(\frac{-Ea}{RT_i}\right)} = cte \quad (3)$$

Esta es la relación buscada que permitirá vincular los tiempos reométricos  $t_{reometrico}$  (a la temperatura constante  $T_{ref}$ ) con las curvas  $T(t)$  medidas en la pieza que se está vulcanizando en la prensa.

Por lo tanto, si aplicamos la ecuación (3) a la curva  $T(t)$  medida en los puntos estratégicos de la pieza, por medio de termopares insertados en los mismos, se puede establecer que:

$$t_{reometrico} * e^{\left(\frac{-Ea}{RT_{ref}}\right)} = \int e^{\left(\frac{-Ea}{RT(t)}\right)} dt \quad (4)$$

El segundo miembro de esta ecuación es una suma aplicada entre el tiempo cero ( $t_{\text{cero}}$ ) y el tiempo final de prensa ( $t_{\text{final}}$ ), dividido en intervalos diferenciales. Esa suma será óptima cuando sea igual a:

$$t_{0,9} * e^{\left(\frac{-Ea}{RT_{\text{ref}}}\right)} \quad (5)$$

Es decir, al llegar al tiempo óptimo reométrico que corresponda a  $T_{\text{ref}}$ .

En la práctica, una vez determinadas las mediciones de temperatura efectuadas con termopares en los puntos estratégicos de las piezas, es posible aplicar la ecuación (4) fraccionando el tiempo de prensa en intervalos finitos  $\Delta t$ , a lo más pequeños posibles. Para cada uno de ellos, la ecuación (4) resulta:

$$\Delta t_{\text{reometrico}} * e^{\left(\frac{-Ea}{RT_{\text{ref}}}\right)} = \Delta t_{\text{real}} * e^{\left(\frac{-Ea}{RT_i}\right)} \quad (6)$$

Donde

$\Delta t_{\text{real}}$ : Duración del intervalo de fraccionamiento [min]

$T_i$ : Temperatura inicial del intervalo [K]

$T_{\text{ref}}$ : Temperatura del reómetro [K]

$\Delta t_{\text{reometrico}}$ : Duración equivalente del intervalo [min]

Aplicando la ecuación (6) a todos los intervalos permitirá acumular:

$$t_{\text{reometrico}} = \sum_{n=0}^{n=i} \Delta t_{\text{reometrico}} \quad (7)$$

Y así se podrá conocer cuándo se alcanzarán los parámetros reométricos deseados.

La ecuación (2), con sus constantes reemplazadas se puede expresar de la siguiente manera:

$$k_i = e^{\left( \frac{-Ea}{R} * \left( \frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right)} \quad (8)$$

A modo de resumen, las ecuaciones utilizadas para calcular los tiempos reométricos serán:

$$k_i = e^{\left( \frac{-Ea}{R} * \left( \frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right)}$$

$$\Delta t_{reometrico} = k_i * \Delta t_{real}$$

$$t_{reometrico} = \sum_{n=0}^{n=i} \Delta t_{reometrico}$$

### 3.4. Análisis de variables involucradas en el proceso

El proceso de moldeo por compresión, como proceso productivo posee una estructura lógica, donde se pueden distinguir los distintos flujos de información: entradas, salidas y variables de control.

➤ **Entrada:** Caucho y acero

El caucho entra al proceso en forma de “blanks” y/o laminas provenientes de la extrusora y laminadora, respectivamente. El acero proviene del área de granallado.

➤ **Salida:** Pieza polimet vulcanizada

Producto terminado que está compuesto de acero y caucho vulcanizado.

## ➤ Variables de control

### **Tiempo de vulcanizado de las piezas**

Ésta es la variable dependiente del proceso y es la cual se trata de optimizar estableciendo condiciones estándar de operación.

### **Presión Hidráulica**

Presión ejercida por los pistones que hacen subir y bajar los platos vaporales, para así comprimir el caucho y poder conseguir el producto final de acuerdo a la cavidad del molde.

La presión utilizada es variada pero en muchos de los casos se utiliza una presión de 200 [kg /cm<sup>2</sup>].

### **Presión de Vapor**

Presión a la cual circula el vapor por los serpentines ubicados al interior de los platos vaporales de las prensas para calentarlos a una temperatura de 180 °C. La presión de vapor utilizada es de 10 [bar] (10.2 [kg /cm<sup>2</sup>]) y depende exclusivamente del arreglo hecho por el área de mantención en base a trampas de vapor para poder mantener los platos vaporales a una temperatura constante.

### **Temperatura de las preformas**

Es la temperatura que poseen las preformas medidas al momento de colocarlas dentro del molde, provenientes de las etapas de laminado y extrusado. Las preformas salen con una temperatura muy cercana a 90[°C], que se puede considerar como constante, sin embargo, debido a las condiciones del proceso, existe un enfriamiento de éstas que influyen posteriormente en el tiempo de vulcanizado.

### **Temperatura del molde**

Es la temperatura medida en el molde al momento de ser cargado con preformas para su posterior moldeo.

### **Temperatura de los platos vaporales**

Esta es la temperatura que se registra en los platos vaporales al momento del moldeo.



### **Temperatura ambiente**

Es la temperatura al interior de la fábrica, que muchas veces es distinta a la registrada al exterior.

### **Espesores de producto**

De forma de poder describir el proceso de transferencia de calor, el parámetro clave es el espesor de las piezas. Esto se explica principalmente debido a que el flujo principal de calor viene de los platos vaporales, que son los que se encuentran a mayor temperatura dentro de la configuración, por lo cual el calor generado por ellos fluye principalmente en forma vertical. Esto en ningún caso quiere decir que la transferencia de calor es solamente unidimensional, sino que al contrario, se sabe claramente que el fenómeno de transferencia involucra a los 3 ejes coordenados, sin embargo, debido a la gran variedad de piezas fabricadas, las cuales poseen diferentes dimensiones en su geometría, hace que la forma más sencilla de abordar el problema sea por medio del parámetro: espesor de las piezas. Los espesores de las piezas que se han identificado varían desde los 40 [mm] hasta los 300 [mm] y en algunos casos más.

### **Composición en peso caucho/acero**

Esta es una variable que no se ha tomado en cuenta, pero que será analizada en este estudio, por cuanto una pieza que contiene acero y caucho no se puede comportar de la misma manera que una sólo de caucho, ya que su comportamiento termodinámico es distinto. El acero se calienta más rápido que el caucho, lo que hace que el proceso desde esta situación sea distinto.

En resumen, se puede establecer que para el proceso de moldeo por compresión, existen 8 variables independientes las cuales son:

1. Presión Hidráulica [kg /cm<sup>2</sup>]
2. Presión de Vapor [bar]
3. Temperatura de las preformas [°C]
4. Temperatura del molde [°C]
5. Temperatura de los platos vaporales [°C]
6. Temperatura ambiente [°C]
7. Composición en peso caucho/acero

8. Espesores de producto [mm]

Las cuales influyen en la variable dependiente del proceso: **Tiempo de Vulcanizado de las Piezas.**

Por lo tanto, en el próximo capítulo se desarrollará el estudio experimental y se verán los resultados de dicho estudio.

## **4. Estudio experimental**

Una vez estudiada la parte teórica del proceso, teniendo claro las características del proceso de moldeo por compresión, saber cómo se mide y se estudia matemáticamente el comportamiento del caucho con la temperatura y haber identificado las variables que influyen el proceso, es hora de poner en práctica la parte teórica para obtener una base experimental, la cual validará lo estudiado anteriormente.

En este capítulo se detallarán los objetivos que se trazan para la realización de los ensayos, los criterios técnicos que se consideraron al momento de abordar el tema, la metodología utilizada para efectuar los ensayos, las herramientas y equipos utilizados para su realización para finalmente detallar la preparación de los ensayos y sus resultados correspondientes.

### **4.1. Objetivos de los ensayos**

Los objetivos que se desean conseguir realizando los ensayos son:

- Analizar al comportamiento del caucho durante el proceso de vulcanizado, controlando las variables presentes en el proceso.
- Aplicar la teoría de la cinética del caucho en los ensayos para obtener resultados en tiempos reales que sirvan para la creación de un diseño que involucre todas las variables.

## 4.2. Criterios técnicos

Como ya se han identificado todas las variables que influyen en el proceso, se pueden clasificar según la influencia que podrían tener según un análisis preliminar, como también es posible establecer variables constantes en base a las condiciones de operación del proceso y de acuerdo a las instalaciones actuales de la fábrica.

Dentro de todas las variables del proceso, existen 4 que podrían considerarse como constantes, las cuales son:

- Presión Hidráulica: Esta dependerá de la fabricación de cada uno de los productos y para efectos de cálculo, se considerarán como óptimas las que actualmente se utilizan dentro de las órdenes de trabajo.
- Presión de Vapor: Esta variable se considerará como constante debido a que depende específicamente de la instalación para el funcionamiento de las prensas, la cuales según el arreglo instalado por el área de mantención, son la adecuadas para el correcto funcionamiento de las prensas.
- Temperatura de los Platos Vaporales: Esta variable se considera como constante dentro de un rango de funcionamiento que va entre los 160 - 180 [°C]. Esto se debe a que según las instalaciones hechas por el área de mantención, basadas en una conexión en base a trampas de vapor y un sistema de control anexo, permiten mantener circulando vapor constantemente, lo cual brinda una temperatura constante de los platos vaporales, lo ideal para este tipo de procesos. En un caso en que el sistema falle y circule condensado por el interior del serpentín que se encuentra dentro de los platos, existe una alarma que avisa la falla que permite alertar al operador para así parar el proceso. Esta es una consideración importante, ya que el no contar con los platos vaporales dentro de un rango de 160-180 [°C], altera considerablemente el proceso.
- Temperatura ambiente: es una variable que sin duda influye en el proceso, pero que es una variable que no se puede manipular. Los registros obtenidos dentro de las posibles causas de falla de piezas encontradas crudas (piezas a las cuales les faltó vulcanizado) así lo indican. Esto se debe principalmente a las condiciones en la cual opera la fábrica, ya que si se pueden identificar dos periodos del año en los cuales las temperaturas dentro de la fábrica oscilan en una gran amplitud, se tendría que

decir que estas épocas corresponderían a invierno y verano, donde la temperatura en invierno oscila entre 3 - 10 [°C] y en verano entre un rango de 20 - 28 [°C].

Luego de identificar las variables constantes y no manipulables, se puede establecer una metodología de ensayos en los cuales las variables que serán estudiadas son:

- Temperatura del molde
- Temperatura de las preformas
- Composición en peso caucho/acero
- Espesores de producto

### **4.3. Metodología de ensayos**

Una vez especificadas las 4 variables que serán estudiadas, el siguiente paso es generar los rangos de operación en los cuales se trabajará en los ensayos experimentales, para cada una de estas variables.

- Temperatura de preformas: de acuerdo a los datos que quedan registrados al momento de la fabricación de una pieza y a criterios internos, el área de fábrica clasificó las temperaturas de preformas en 3 rangos:
  - Rango de baja temperatura: se sitúa entre los 40 [°C] y los 59,9 [°C].
  - Rango de temperatura media: comprende temperaturas entre los 60 [°C] y los 79,9 [°C].
  - Rango de temperatura alta: temperaturas de preforma mayores o iguales a 80 [°C].
- Temperatura de molde: en este caso los datos registrados y los criterios aplicados por el área de fabrica, permitieron clasificar la temperatura de molde en 3 rangos:
  - Rango de baja temperatura: comprendida entre los 120 [°C] y los 129,9 [°C].
  - Rango de temperatura media: situado entre los 130 [°C] y los 139,9 [°C].
  - Rango de alta temperatura: temperatura de molde entre los 140 [°C] y los 150 [°C].

- Composición en peso caucho/acero: Los registros de piezas polímet fabricados en el periodo Junio 2007- Junio 2008, arrojan los siguientes resultados:

De un total de 101 piezas con distintas especificaciones:

- 38 son de 15% en peso de caucho.
- 61 son de 25% en peso de caucho.
- 2 son de otra composición.

Por lo tanto, las composiciones en peso caucho/acero que serán objeto de estudio son:

- Piezas de 25% caucho/75% acero.
- Piezas de 15% caucho/85% acero.

- Espesores por producto: debido a la disponibilidad de molde y capacidad de la prensa, los espesores que se estudiarán son 3:

- 70 [mm].
- 85 [mm].
- 100 [mm].

Una vez establecidos los rangos de operación, se construyeron 6 tablas de registros, las cuales agrupan todas las variables que serán objeto de estudio, totalizando 54 ensayos experimentales en los cuales se busca como resultado el tiempo de vulcanizado.

Tabla 4.1: Tabla de registros 25% caucho / 75% acero

		CAUCHO [KG]	ACERO [KG]		
		25%	75%		
ESPESOR	70 [mm]	T° molde:	T° molde:	T° molde:	
	T° pref:	120-129.9 [°C]	130-139.9 [°C]	140-150 [°C]	
	40-59.9 [°C]				
	60-79.9 [°C]				
	≥ 80 [°C]				
ESPESOR	85 [mm]	T° molde:	T° molde:	T° molde:	
	T° pref:	120-129.9 [°C]	130-139.9 [°C]	140-150 [°C]	
	40-59.9 [°C]				
	60-79.9 [°C]				
	≥ 80 [°C]				
ESPESOR	100 [mm]	T° molde:	T° molde:	T° molde:	
	T° pref:	120-129.9 [°C]	130-139.9 [°C]	140-150 [°C]	
	40-59.9 [°C]				
	60-79.9 [°C]				
	≥ 80 [°C]				
				Tt [min]	
				Tt [min]	
				Tt [min]	

Tabla 4.2: Tabla de registros 15% caucho / 85% acero

		CAUCHO [KG]	ACERO [KG]		
		15%	85%		
ESPESOR	70 [mm]	T° molde:	T° molde:	T° molde:	
	T° pref:	120-129.9 [°C]	130-139.9 [°C]	140-150 [°C]	
	40-59.9 [°C]				
	60-79.9 [°C]				
	≥ 80 [°C]				
ESPESOR	85 [mm]	T° molde:	T° molde:	T° molde:	
	T° pref:	120-129.9 [°C]	130-139.9 [°C]	140-150 [°C]	
	40-59.9 [°C]				
	60-79.9 [°C]				
	≥ 80 [°C]				
ESPESOR	100 [mm]	T° molde:	T° molde:	T° molde:	
	T° pref:	120-129.9 [°C]	130-139.9 [°C]	140-150 [°C]	
	40-59.9 [°C]				
	60-79.9 [°C]				
	≥ 80 [°C]				
				Tt [min]	
				Tt [min]	
				Tt [min]	

#### **4.4. Equipos e Instrumentos utilizados en los ensayos.**

Para la realización de los ensayos experimentales, se necesitaron diferentes equipos e instrumentos para llevarlos a cabo.

En primer lugar se tuvo que buscar la disponibilidad de una prensa para poder realizar el proceso de moldeo. La prensa ocupada en este caso fue la prensa denominada como N°1 ubicada en la fábrica. Se eligió esta prensa porque era la que tenía mayor disponibilidad y la de mejor maniobrabilidad para realizar los ensayos.

En segundo lugar se dispuso a encontrar un molde de prueba. Las características que debía tener este molde eran: geometría sencilla y dimensiones acorde a la prensa a ocupar, posibilidad de aumentar o disminuir el espesor de las piezas a un mínimo costo, que generara la menor pérdida posible de material y que fuera de fácil manipulación para carga y descarga.

En tercer lugar se necesitaron de instrumentos de medición para tomar las temperaturas tanto en la goma como en el acero, instrumentos que midieran la dureza de la goma, además de cables termopares resistentes a la temperatura que pudieran ser colocados dentro de la cavidad del molde.

A continuación se muestran los equipos e instrumentos utilizados con sus respectivas características técnicas.



## a) Prensa

### Datos técnicos

Nacionalidad: Sueca

Cantidad de Platos Vaporales: 3

Dimensiones Platos Vaporales: 500 [mm] x 500 [mm]

Presión de vapor: 10 [bar] (10.2 [Kg /cm<sup>2</sup>])

Presión Hidráulica máxima: 200 [Kg /cm<sup>2</sup>]

Imagen 4.1: Prensa N°1



## b) Molde de prueba

Tabla 4.3: Datos molde de prueba

Datos técnicos	
Material	SAE 1020
Espesor de pared	20 [mm]
Ancho interior	232 [mm]
Altura interior	100 [mm]
Largo interior	390 [mm]

Imagen 4.2: Molde de prueba



De acuerdo a los planos del molde, la altura interior es de 100 [mm], por lo tanto para poder realizar los ensayos planeados de 70 [mm] y 85 [mm], se dispuso de 2 placas de 15 [mm] para configurar el molde según las alturas requeridas.

### c) Instrumentos de Medición

Los instrumentos ocupados en los diferentes ensayos fueron:

- Termocupla: como equipo de medición de temperaturas
- Cables termopar: para medir la temperatura dentro del caucho en los ensayos. Resisten temperaturas mayores de 200 [°C].
- Sonda magnética: instrumento utilizado para medir temperatura de los moldes.
- Aguja: accesorio utilizado para medir temperaturas de las preformas de caucho.
- Cronómetro: para controlar el tiempo durante los ensayos.
- Medidores de dureza de goma (durómetro) en base a norma ASTM D2240, la cual mide en la magnitud Shore A.

Imagen 4.3: Termocupla con aguja



Imagen 4.4: Termocupla con sonda magnética



## 4.5. Preparación de los ensayos

En total se realizaron 54 ensayos experimentales, en los cuales las variables fueron aplicadas de acuerdo a los requerimientos exigidos en cada uno de estos. Los pasos a seguir para la realización de los ensayos es la siguiente:

Como primer paso, se selecciona una prueba dentro de las establecidas en las tablas de registro. Luego, se realiza el calculo de kilos de caucho y acero necesarios para cumplir con la composición en peso caucho/acero correspondiente a la prueba seleccionada.

El molde se introduce dentro de la prensa N°1 para conseguir la temperatura de molde exigida por la prueba. Esto luego se comprueba midiendo la temperatura del molde con la sonda magnética. En tanto, las preformas son pedidas al encargado de la laminadora, de acuerdo a los kilos de caucho necesarios y se chequea su temperatura con la aguja.

Imagen 4.5: Medición de temperatura del molde



Imagen 4.6: Preformas de caucho



Si la temperatura de las preformas y del molde se encuentran dentro de los rangos correspondientes a la prueba seleccionada, se saca el molde de la prensa y se procede a la carga del molde con las preformas y el acero. La ubicación de las preformas y el acero dentro del molde depende de cada prueba.



Mientras se carga el molde, se introduce un termopar en una posición específica, de manera tal que al aplicar la presión hidráulica para moldear la pieza quede ubicado en el centro de ésta, midiendo el caucho y no el acero. Esto debido a que se desea seguir la evolución del caucho durante la vulcanización.

Imagen 4.7: Instalación de termopar en el molde



Luego de terminar de cargar el molde y haber introducido el termopar, se procede a poner el molde cargado dentro de la prensa. Se aplica la presión hidráulica necesaria para moldear la pieza y se comienza con el proceso de vulcanizado.

Se comienza con el registro de temperaturas leídas por el termopar introducido dentro del molde. Este procedimiento de registro se realiza en un intervalo de tiempo de 5 minutos en una hoja de mediciones (ver anexo A), contabilizados por un cronómetro, que inicia el conteo desde que se da inicio al vulcanizado de la pieza. En esta hoja de mediciones se anotan todo tipo de datos de operación de la prueba realizada.

Imagen 4.8: Medición de temperaturas durante el proceso



Estas temperaturas son introducidas dentro de una planilla de datos, la cual contiene anexada las ecuaciones de Arrhenius determinadas en el capítulo anterior:

$$k_i = e^{\left( \frac{-E_a}{R} * \left( \frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right)}$$

$$\Delta t_{reometrico} = k_i * \Delta t_{real}$$

$$t_{reometrico} = \sum_{n=0}^{n=i} \Delta t_{reometrico}$$

Las temperaturas anotadas en la hoja de mediciones corresponden a  $T_i$ . Las demás constantes son parámetros determinados por el reómetro y constantes universales propias del caucho. Estas son:

$$E_a = 92110 \text{ [J / mol]}$$

$$R = 8,314 \text{ [J / mol K]}$$

$$T_{ref} = 458 \text{ [K]}$$

La tabla 4.4 muestra una planilla de datos tipo, donde se introducen los datos de temperatura proporcionados por el termopar y se obtienen los parámetros de cada una de las ecuaciones anexadas, siendo la más importante la del tiempo reométrico.

Tabla 4.4: Planilla de datos tipo

N°	Tiempo [min]	T° [C]	T° [K]	Ki	$\Delta t$ reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	70,8	343,8	0,00032	0,00162	0,00162	1,8	2,42	2,62
2	5	66,9	339,9	0,00022	0,00112	0,00274	1,8	2,42	2,62
3	10	73	346	0,0004	0,00199	0,00473	1,8	2,42	2,62
4	15	82,9	355,9	0,00097	0,00484	0,00957	1,8	2,42	2,62
5	20	93,6	366,6	0,0024	0,01202	0,02159	1,8	2,42	2,62
6	25	104,3	377,3	0,00566	0,02831	0,0499	1,8	2,42	2,62
7	30	114,4	387,4	0,01218	0,06088	0,11077	1,8	2,42	2,62
8	35	123,4	396,4	0,02331	0,11653	0,2273	1,8	2,42	2,62
9	40	131	404	0,03943	0,19714	0,42444	1,8	2,42	2,62
10	45	135,8	408,8	0,05441	0,27203	0,69647	1,8	2,42	2,62
11	50	138,3	411,3	0,06415	0,32074	1,01721	1,8	2,42	2,62
12	55	142,7	415,7	0,08531	0,42655	1,44376	1,8	2,42	2,62
13	60	144,4	417,4	0,09509	0,47546	1,91923	1,8	2,42	2,62
14	65	147,8	420,8	0,11784	0,58919	2,50841	1,8	2,42	2,62
15	70	150,8	423,8	0,14198	0,7099	3,21831	1,8	2,42	2,62

Cada orden de caucho posee un certificado el cual contiene todos los datos de propiedades del caucho correspondiente (anexo B). Este certificado contiene valores de  $t_{90}$  reométrico obtenidos con pruebas de reómetro realizadas a la orden respectiva. Existen tres tipos de clasificaciones: el límite de control inferior (LCI), el  $t_{90}$  promedio y el límite de control superior (LCS). Estos tres valores son obtenidos mediante análisis estadísticos, pero los límites de control inferior y superior no cambian en cada orden de caucho analizada, siendo el  $t_{90}$  promedio el que varía con cada muestra. Para el caso del caucho 002, que es el que está en estudio sus límites de control son:

Tabla 4.5: Límites de control del caucho 002

Tiempos reométricos $t_{90}$	
LCI	1,8
LCS	2,62

Cuando el valor de tiempo reométrico en la tabla alcanza el LCS, se procede a detener el proceso de vulcanizado. Esto no se puede realizar exactamente en el valor del LCS, por lo que se detiene al tiempo más cercano que lo supera en la tabla. Se quita la presión hidráulica y se saca el molde de la prensa, para posteriormente sacar la pieza vulcanizada.

Imagen 4.9: Pieza vulcanizada



La pieza se inspecciona de forma visual para ver si sufre algún tipo de hinchazón (se produce si la pieza está cruda). Si esto no ocurre, se deja enfriar por un día, esto debido a que, de acuerdo a la teoría las piezas una vez retiradas del molde siguen con una inercia térmica la cual completa la cura total del artículo.

Al día siguiente, se realiza la prueba de dureza y se corta la pieza; esto con tal de comprobar que en el punto crítico de ellas (centro de la pieza) no se presentan porosidades que demuestran que a la pieza le faltaba vulcanizado. La dureza debe estar entre los 55 y los 65 Shore A para ser aprobada.



Para el caso de la cantidad de caucho y acero necesario en cada prueba, se realizaron los cálculos en base a los volúmenes de caucho y acero necesarios debido a que se conocen las dimensiones de los aceros y del molde. Luego se hace la conversión a kilos de caucho y acero. En el caso de **25% caucho / 75% acero** en peso, su equivalente en composición en volumen es **70 % caucho / 30% acero**. Para el otro caso, el de **15% caucho / 85% acero** en peso, su composición en volumen correspondiente es **50% caucho / 50% acero**.

Para cada prueba se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$V_{molde} = A * L * h \quad (10)$$

$$V_{acero} = \frac{V_{molde} * \%acero / vol}{100} \quad (11)$$

$$kg_{acero} = V_{acero} * \rho_{acero} \quad (12)$$

$$Kg_{caucho} = (V_{molde} - V_{acero}) * \rho_{caucho} * \xi \quad (13)$$

Donde:

$V_{molde}$  = volumen interior del molde en [m<sup>3</sup>]

A = ancho interior del molde = 232 [mm] = 0,232 [m]

L = largo interior del molde = 390 [mm] = 0,39 [m]

h = espesor interior del molde en [m] (depende de la prueba: 70, 85 o 100 [mm])

% acero /vol. = composición de acero en volumen

$\rho_{acero}$  = densidad del acero = 7850 [kg/m<sup>3</sup>]

$\rho_{caucho}$  = densidad del caucho = 1130 [kg/m<sup>3</sup>]

$\xi$  = factor de seguridad = 1,05

## Aceros utilizados

Los insertos que se utilizaron en estas pruebas provienen de aceros sobrantes de los productos polimet que se fabrican. Cabe destacar que estos aceros no fueron sometidos al tratamiento de granallado como sucede con los insertos para producción. En la imagen 4.10 podemos observar algunos de estos insertos, cuyas dimensiones son detallados en la tabla 4.6.

Imagen 4.10: Insertos de acero utilizados en las pruebas



Tabla 4.6: Dimensiones y pesos de los insertos de acero

Dimensiones [mm]	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Cantidad	Peso unitario [kg.]	Peso total [kg.]
25x50x200	250000	4	2	8
20x75x210	315000	3	2,5	7,5
17x25x200	85000	1	0,7	0,7
20x75x200	300000	1	2,1	2,1
32x200x287	1836800	1	14,2	14,2
32x104x287	955136	1	7,5	7,5
32x70x287	642880	1	5	5

➤ **Espesor: 70 mm (0,07 m)**

$$V_{molde} = 0,232 * 0,39 * 0,07 = 6,334 * 10^{-3} [m^3]$$

**Caso 1:** 50% acero / 50% caucho

$$V_{acero} = 6,334 * 10^{-3} * 0,5 = 3,167 * 10^{-3} [m^3]$$

$$kg_{acero} = 3,167 * 10^{-3} [m^3] * 7.850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] = 24,9 [kg]$$

Tabla 4.7: Aceros utilizados pruebas espesor 70 mm y 50% acero / 50% caucho

Peso unitario [kg]	Cantidad	Peso total [kg]	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Volumen total [mm <sup>3</sup> ]
2,5	2	5	315000	630000
14,2	1	14,2	1836800	1836800
5	1	5	642880	642880
<b>Total</b>		<b>24,2</b>		<b>3109680</b>

$$kg_{caucho} = (6,334 * 10^{-3} - 3,10968 * 10^{-3}) [m^3] * 1.130 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 1,05 = 3,8 [kg]$$

**Caso 2:** 30% acero / 70% caucho

$$V_{acero} = 6,334 * 10^{-3} * 0,3 = 1,9 * 10^{-3} [m^3]$$

$$kg_{acero} = 1,9 * 10^{-3} [m^3] * 7.850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] = 14,9 [kg]$$

Tabla 4.8: Aceros utilizados pruebas espesor 70 mm y 30% acero / 70% caucho

Peso unitario [kg]	Cantidad	Peso total [kg]	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Volumen total [mm <sup>3</sup> ]
5	1	5	642880	642880
7,5	1	7,5	955136	955136
2	1	2	250000	250000
<b>Total</b>		<b>14,5</b>		<b>1848016</b>

$$kg_{caucho} = (6,334 * 10^{-3} - 1,848 * 10^{-3}) [m^3] * 1.130 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 1,05 = 5,3 [kg]$$

➤ **Espesor: 85 mm (0,085 m)**

$$V_{molde} = 0,232 * 0,39 * 0,085 = 7,6908 * 10^{-3} [m^3]$$

**Caso 1:** 50% acero / 50% caucho

$$V_{acero} = 7,6908 * 10^{-3} * 0,5 = 3,845 * 10^{-3} [m^3]$$

$$kg_{acero} = 3,845 * 10^{-3} [m^3] * 7.850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] = 30,2 [kg]$$

Tabla 4.9: Aceros utilizados pruebas espesor 85 mm y 50% acero / 50% caucho

Peso unitario [kg]	Cantidad	Peso total [kg]	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Volumen total [mm <sup>3</sup> ]
2,5	1	2,5	315000	315000
0,7	1	0,7	85000	85000
14,2	1	14,2	1836800	1836800
7,5	1	7,5	955136	955136
5	1	5	642880	642880
<b>Total</b>		<b>30</b>		<b>3834816</b>

$$kg_{caucho} = (7,6908 * 10^{-3} - 3,8348 * 10^{-3}) [m^3] * 1.130 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 1,05 = 4,6 [kg]$$

**Caso 2:** 30% acero / 70% caucho

$$V_{acero} = 7,6908 * 10^{-3} * 0,3 = 2,3072 * 10^{-3} [m^3]$$

$$kg_{acero} = 2,3072 * 10^{-3} [m^3] * 7.850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] = 18,1 [kg]$$

Tabla 4.10: Aceros utilizados pruebas espesor 85 mm y 30% acero / 70% caucho

Peso unitario [kg]	Cantidad	Peso total [kg]	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Volumen total [mm <sup>3</sup> ]
2,5	3	7,5	315000	945000
0,7	1	0,7	85000	85000
7,5	1	7,5	955136	955136
2	1	2	250000	250000
<b>Total</b>		<b>17,7</b>		<b>2235136</b>

$$kg_{caucho} = (7,6908 * 10^{-3} - 2,235 * 10^{-3}) [m^3] * 1.130 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 1,05 = 6,5 [kg]$$

➤ **Espesor: 100 mm (0,1 m)**

$$V_{molde} = 0,232 * 0,39 * 0,1 = 9,048 * 10^{-3} [m^3]$$

**Caso 1:** 50 % acero / 50% caucho

$$V_{acero} = 9,048 * 10^{-3} * 0,5 = 4,524 * 10^{-3} [m^3]$$

$$kg_{acero} = 4,524 * 10^{-3} [m^3] * 7.850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] = 35,5 [kg]$$

Tabla 4.11: Aceros utilizados pruebas espesor 100 mm y 5% acero / 50% caucho

Peso unitario [kg]	Cantidad	Peso total [kg]	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Volumen total [mm <sup>3</sup> ]
2,5	3	7,5	315000	945000
2	1	2	250000	250000
14,2	1	14,2	1836800	1836800
7,5	1	7,5	955136	955136
5	1	5	642880	642880
<b>Total</b>		<b>36,2</b>		<b>4629816</b>

$$kg_{caucho} = (9,048 * 10^{-3} - 4,6298 * 10^{-3}) [m^3] * 1.130 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 1,05 = 5,3 [kg]$$

**Caso 2** : 30 % acero / 70% caucho

$$V_{acero} = 9,048 * 10^{-3} * 0,3 = 2,7144 * 10^{-3} [m^3]$$

$$kg_{acero} = 2,7144 * 10^{-3} [m^3] * 7.850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] = 21,3 [kg]$$

Tabla 4.12: Aceros utilizados pruebas espesor 100 mm y 30% acero / 70% caucho

Peso unitario [kg]	Cantidad	Peso total [kg]	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Volumen total [mm <sup>3</sup> ]
2,5	3	7,5	315000	945000
14,2	1	14,2	1836800	1836800
<b>Total</b>		<b>21,7</b>		<b>2781800</b>

$$kg_{caucho} = (9,048 * 10^{-3} - 2,7818 * 10^{-3}) [m^3] * 1.130 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 1,05 = 7,5 [kg]$$

En resumen, los kilos de caucho y acero necesarios para llevar a cabo los ensayos propuestos están indicados en la tabla 4.13.

Tabla 4.13: Kilos de caucho y acero necesarios de acuerdo a espesor y composición en peso

	15% caucho / 85% acero		25% caucho / 75% acero	
Espesor [mm]	kg.acero	kg.caucho	kg.acero	kg. caucho
<b>70</b>	24,2	3,8	14,5	5,3
<b>85</b>	30	4,6	17,7	6,5
<b>100</b>	36,2	5,3	21,7	7,5

## 4.6. Resultados de los ensayos

Las tablas de registro contienen los tiempos de vulcanizado obtenidos en los 54 ensayos realizados. Los tiempos de vulcanizado exactos se obtuvieron mediante interpolación lineal entre los dos intervalos que se encuentran en color rojo dentro de cada planilla de datos confeccionada para cada ensayo (anexo C). Las 54 pruebas aprobaron tanto la inspección visual como la prueba de dureza, es decir, todas estuvieron dentro del rango permitido para ser aprobadas. Los datos de dureza de cada prueba se encuentran en el anexo C. Los resultados obtenidos para el caso de 25% caucho/ 75% acero son los siguientes:

Tabla 4.14: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 70 [mm]- 25% caucho/75% acero [min]

ESPESOR: 70 [mm]		TEMPERATURA MOLDE (°C)		
		120-129.9	130-139.9	140-150
T° PREFORMA (°C)	40-59.9	94	88	85
	60-79.9	90	83	78
	≥ 80	88	78	75

Tabla 4.15: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 85 [mm]- 25% caucho/75% acero [min]

ESPESOR: 85 [mm]		TEMPERATURA MOLDE (°C)		
		120-129.9	130-139.9	140-150
T° PREFORMA (°C)	40-59.9	110	106	103
	60-79.9	105	98	94
	≥ 80	100	95	89

Tabla 4.16: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 100 [mm]- 25% caucho/75% acero [min]

ESPESOR: 100 [mm]		TEMPERATURA MOLDE (°C)		
		120-129.9	130-139.9	140-150
T° PREFORMA (°C)	40-59.9	127	121	118
	60-79.9	123	116	111
	≥ 80	120	110	107

Para el caso de los tiempos de vulcanizado obtenidos en el caso de 15% caucho / 85% acero, los resultados son:

Tabla 4.17: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 70 [mm]- 15% caucho/85% acero [min]

ESPESOR: 70 [mm]		TEMPERATURA MOLDE (°C)		
		120-129.9	130-139.9	140-150
T° PREFORMA (°C)	40-59.9	77	74	70
	60-79.9	73	67	64
	≥ 80	71	65	60

Tabla 4.18: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 85 [mm]- 15% caucho/85% acero [min]

ESPESOR: 85 [mm]		TEMPERATURA MOLDE (°C)		
		120-129.9	130-139.9	140-150
T° PREFORMA (°C)	40-59.9	91	87	83
	60-79.9	84	78	75
	≥ 80	80	74	69

Tabla 4.19: Tiempos de vulcanizado pruebas espesor 100 [mm]- 15% caucho/85% acero [min]

ESPESOR: 100 [mm]		TEMPERATURA MOLDE (°C)		
		120-129.9	130-139.9	140-150
T° PREFORMA (°C)	40-59.9	103	99	95
	60-79.9	98	91	87
	≥ 80	91	85	80

En los resultados obtenidos, se observa una disminución de los tiempos de vulcanizado, con respecto al tiempo actual aplicado. Se pueden evidenciar diferencias considerables entre los tiempos obtenidos para un mismo espesor a condiciones de operación distintas, sobre todo en lo relacionado entre los resultados de las dos composiciones en peso caucho/acero estudiadas. Estas diferencias quedan reflejadas en la tabla 4.21. Para facilitar la escritura y



hacer más entendible cada caso, cada rango de operación será clasificado con una letra R y un número específico, como se detalla en la tabla 4.20.

Tabla 4.20: Escritura utilizada clasificación de intervalos en las tablas de registros

		TEMPERATURA MOLDE (°C)		
		120-129.9	130-139.9	140-150
T°PREFORMA (°C)	40-59.9	R1	R4	R7
	60-79.9	R2	R5	R8
	≥80	R3	R6	R9

Tabla 4.21: Diferencias de tiempos y porcentajes de disminución espesores 70, 85 y 100 [mm]

Tpo. actual [min]	99	espesor : 70 [mm]								
rangos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	prom
Tpo. 25% caucho	94	90	88	88	83	78	85	78	75	84
$\Delta t$	-5	-9	-11	-11	-16	-21	-14	-21	-24	-14,7
% disminución	-5,1	-9,1	-11,1	-11,1	-16,2	-21,2	-14,1	-21,2	-24,2	-14,8
Tpo. 15% caucho	77	73	71	74	67	65	70	64	60	69
$\Delta t$	-22	-26	-28	-25	-32	-34	-29	-35	-39	-30,0
% disminución	-22,2	-26,3	-28,3	-25,3	-32,3	-34,3	-29,3	-35,4	-39,4	-30,3
Tpo. actual [min]	116	espesor : 85 [mm]								
rangos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	prom
Tpo. 25% caucho	110	105	100	106	98	95	103	94	89	100
$\Delta t$	-6	-11	-16	-10	-18	-21	-13	-22	-27	-16
% disminución	-5,2	-9,5	-13,8	-8,6	-15,5	-18,1	-11,2	-19,0	-23,3	-13,8
Tpo. 15% caucho	91	84	80	87	78	74	83	75	69	80
$\Delta t$	-25	-32	-36	-29	-38	-42	-33	-41	-47	-35,9
% disminución	-21,6	-27,6	-31,0	-25,0	-32,8	-36,2	-28,4	-35,3	-40,5	-30,9
Tpo. actual [min]	132	espesor : 100 [mm]								
rangos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	prom
Tpo. 25% caucho	127	123	120	121	116	110	118	111	107	117
$\Delta t$	-5	-9	-12	-11	-16	-22	-14	-21	-25	-15
% disminución	-3,8	-6,8	-9,1	-8,3	-12,1	-16,7	-10,6	-15,9	-18,9	-11,4
Tpo. 15% caucho	103	98	91	99	91	85	95	87	80	92
$\Delta t$	-29	-34	-41	-33	-41	-47	-37	-45	-52	-39,9
% disminución	-22,0	-25,8	-31,1	-25,0	-31,1	-35,6	-28,0	-34,1	-39,4	-30,2

Estos resultados serán objeto de análisis, para posteriormente ser el respaldo teórico para la creación de una optimización del proceso.

## 5. Propuesta de optimización del proceso de vulcanizado

En este capítulo, se hará un análisis de los datos experimentales basándose en la tendencia del sistema actual de determinación de los tiempos de vulcanizado.

Posteriormente, se presentará la propuesta de optimización basada en el análisis anteriormente citado.

### 5.1. Análisis de datos experimentales

Para la determinación del tiempo de vulcanizado que se le debe aplicar a una pieza de caucho, el área de fábrica utiliza actualmente la ecuación (1), la cual establece que:

$$Tiemprovulcanizado = \left( h[mm.] * 1 \left( \frac{\min}{mm.} \right) + 20 \right) * 1,1 \quad (1)$$

Se puede observar que esta ecuación tiene una tendencia de orden lineal, ya que el tiempo de vulcanizado depende directamente del espesor de la pieza a fabricar. Si se desarrolla la ecuación, nos percataremos de mejor forma lo anteriormente expresado.

$$Tiemprovulcanizado = 1,1 * h + 22$$

Debido a esta aseveración, es que el análisis estará centrado en el ajuste de los datos experimentales a curvas de orden lineal, esto con el objeto de poder realizar una comparación entre la ecuación actual y las ecuaciones que se generen con los ajustes respectivos. La toma de datos para la construcción de las curvas será de la siguiente manera:

- Las tablas de registro tienen como resultado los tiempos de vulcanizado a diferentes condiciones de operación de dos variables que fueron estudiadas: temperatura de molde y temperatura de preforma.
- Si se toman los tiempos de vulcanizado de un mismo rango de operación para los tres espesores estudiados, se obtendrán tres puntos en una gráfica, es decir, tres

tiempos de vulcanizado para tres espesores de distinto valor, donde el espesor será ubicado en el eje X y el tiempo de vulcanizado en el eje Y.

- Una vez graficados los tres puntos, se traza la curva de tendencia de orden lineal y se chequea tanto la función lineal como su correlación. Esta última debe tener un valor muy cercano a 1 para poder considerar el ajuste exitoso.

En total, se obtendrán 18 curvas de orden lineal, las cuales serán variables dependiendo de tres de las variables estudiadas: temperatura de molde, temperatura de preforma y composición en peso caucho/acero, siendo el espesor el valor a ingresar para saber el tiempo de vulcanizado en los distintos casos.

**Caso I:** Composición 25% caucho – 75% acero

**1) Intervalo R1:**

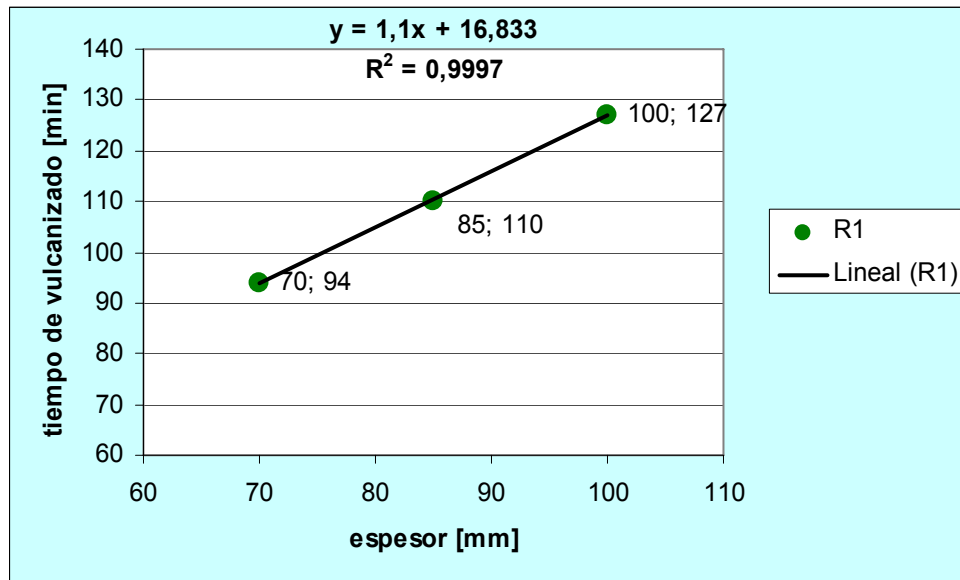


Gráfico 5.1: Datos y línea de tendencia Rango R1 / 25% caucho – 75% acero

**2) Intervalo R2:**

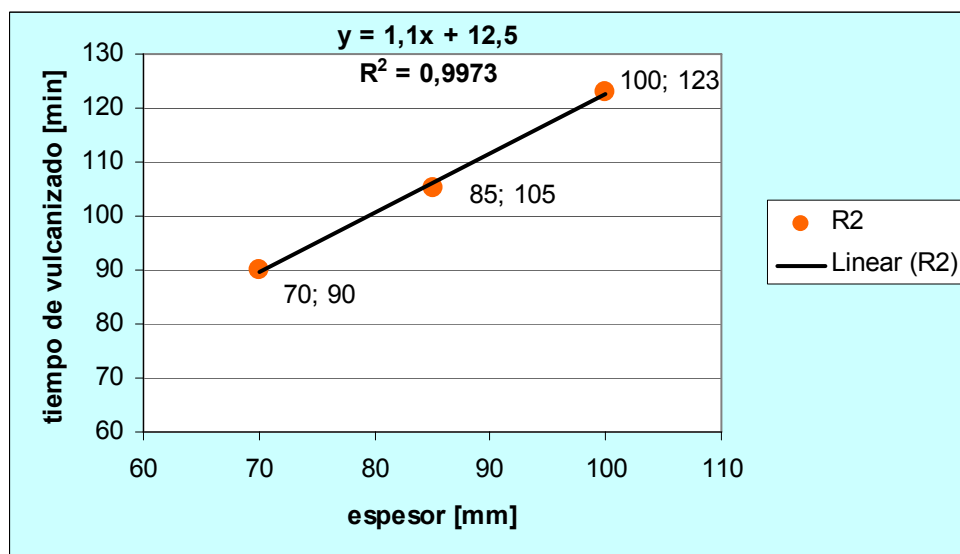


Gráfico 5.2: Datos y línea de tendencia Rango R2 / 25% caucho – 75% acero

### 3) Intervalo R3:

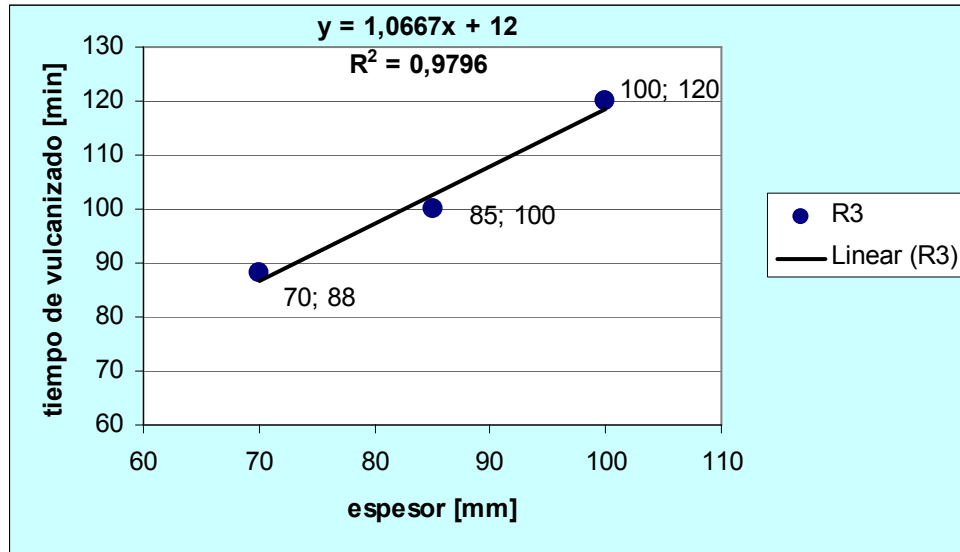


Gráfico 5.3: Datos y línea de tendencia Rango R3 / 25% caucho – 75% acero

### 4) Intervalo R4:

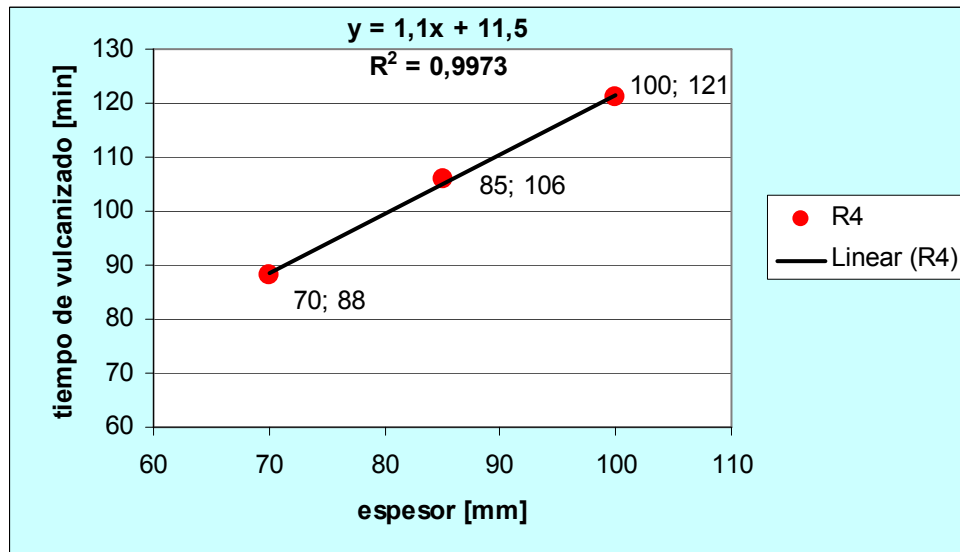


Gráfico 5.4: Datos y línea de tendencia Rango R4 / 25% caucho – 75% acero

5) Intervalo R5:

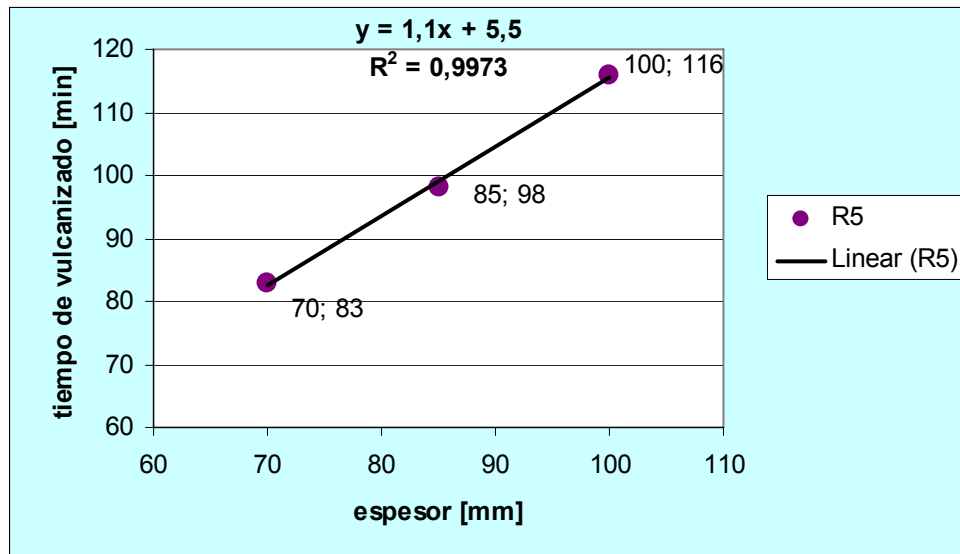


Gráfico 5.5: Datos y línea de tendencia Rango R5 / 25% caucho – 75% acero

6) Intervalo R6:

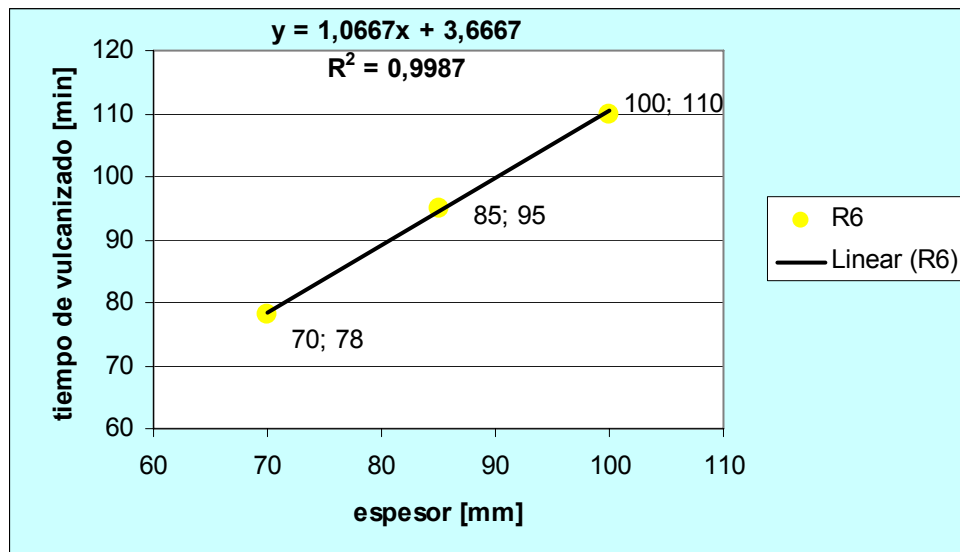


Gráfico 5.6: Datos y línea de tendencia Rango R6 / 25% caucho – 75% acero

### 7) Intervalo R7:

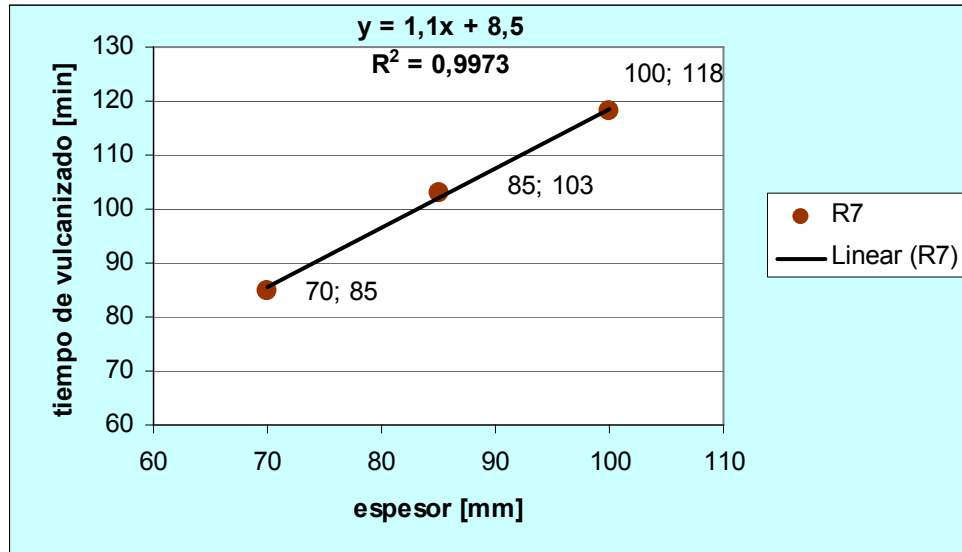


Gráfico 5.7: Datos y línea de tendencia Rango R7 / 25% caucho – 75% acero

### 8) Intervalo R8:

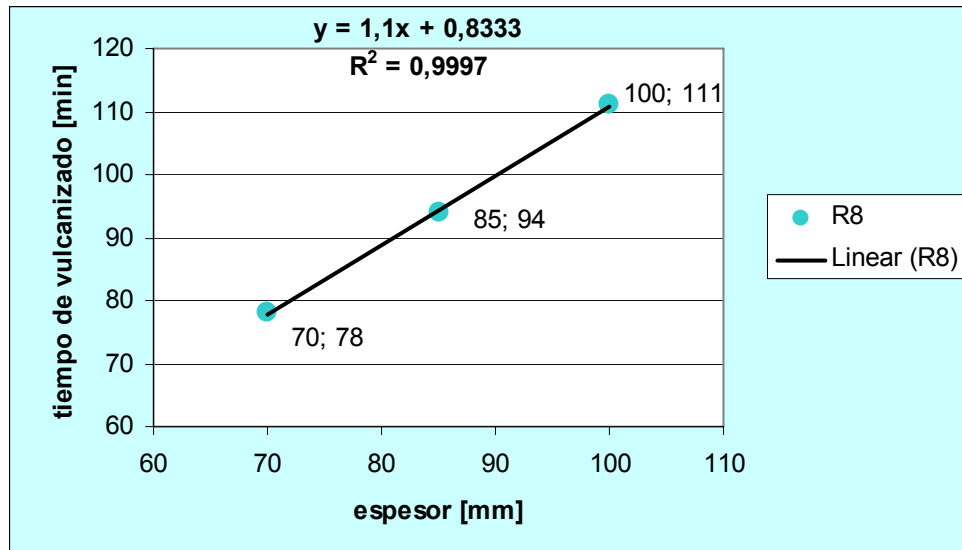


Gráfico 5.8: Datos y línea de tendencia Rango R8 / 25% caucho – 75% acero

9) Intervalo R9:

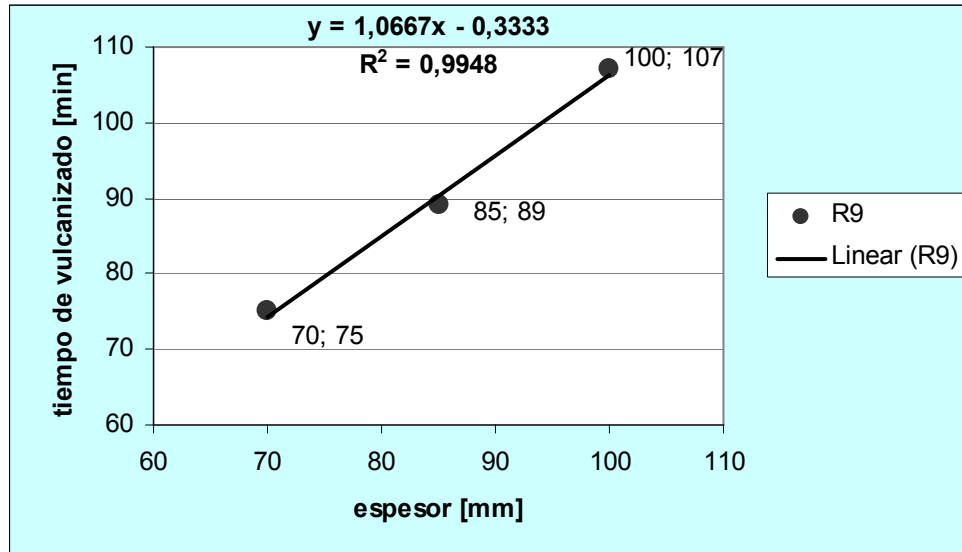


Gráfico 5.9: Datos y línea de tendencia Rango R9 / 25% caucho – 75% acero

**Caso II:** Composición 15% caucho- 85% acero

1) Intervalo R1:

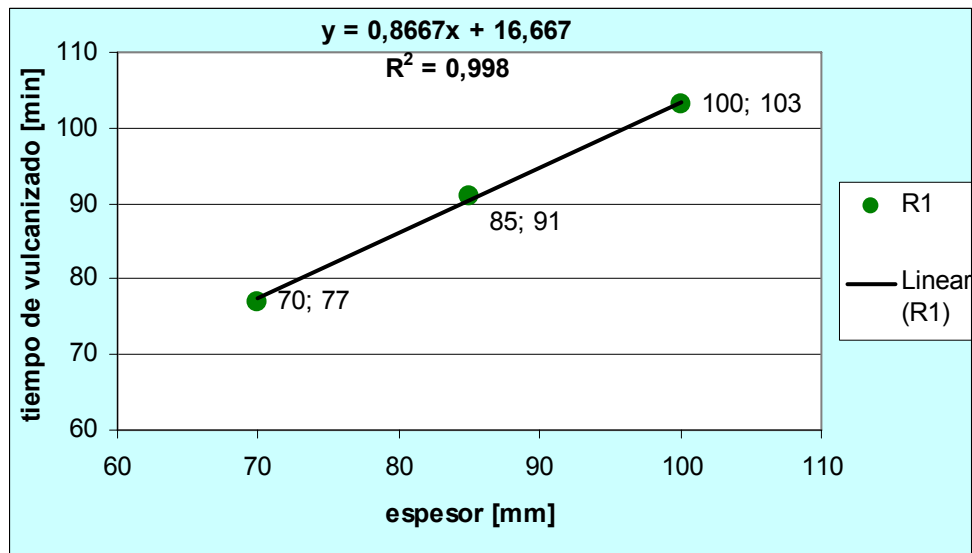


Gráfico 5.10: Datos y línea de tendencia Rango R1 / 15% caucho – 85% acero



## 2) Intervalo R2:

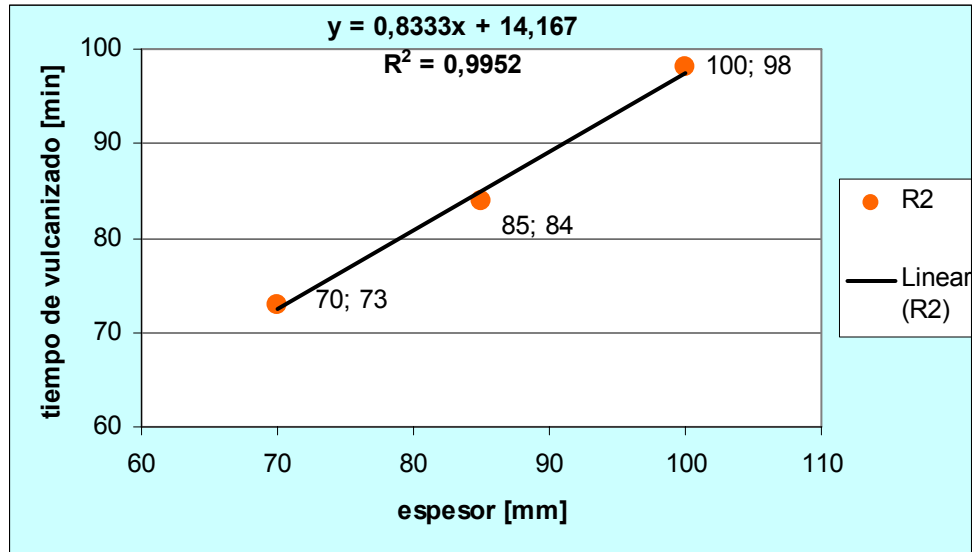


Gráfico 5.11: Datos y línea de tendencia Rango R2 / 15% caucho – 85% acero

## 3) Intervalo R3:

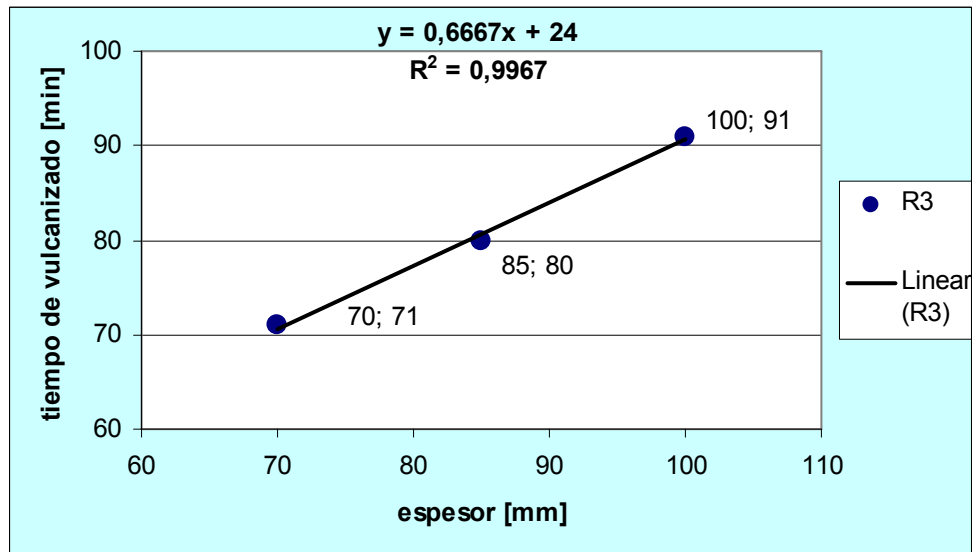


Gráfico 5.12: Datos y línea de tendencia Rango R3 / 15% caucho – 85% acero

#### 4) Intervalo R4:

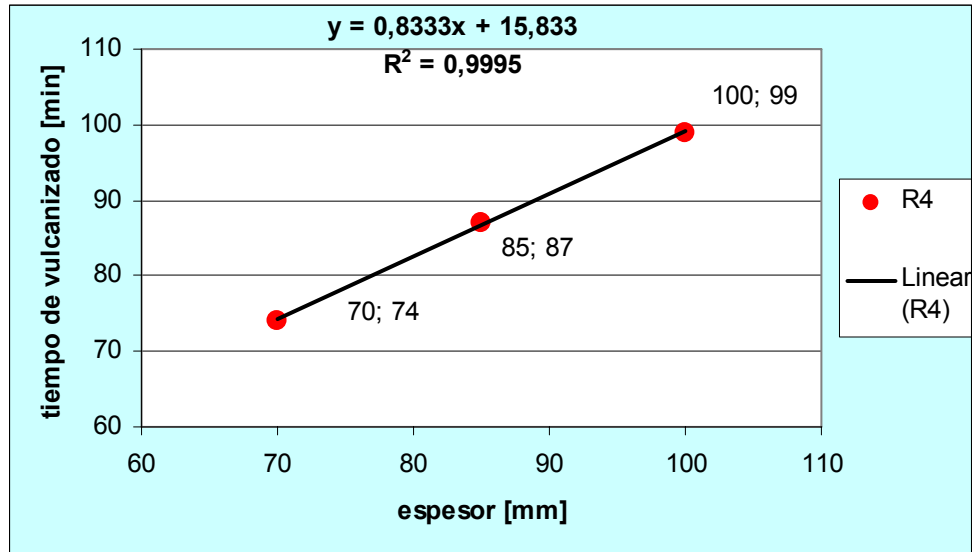


Gráfico 5.13: Datos y línea de tendencia Rango R4 / 15% caucho – 85% acero

#### 5) Intervalo R5:

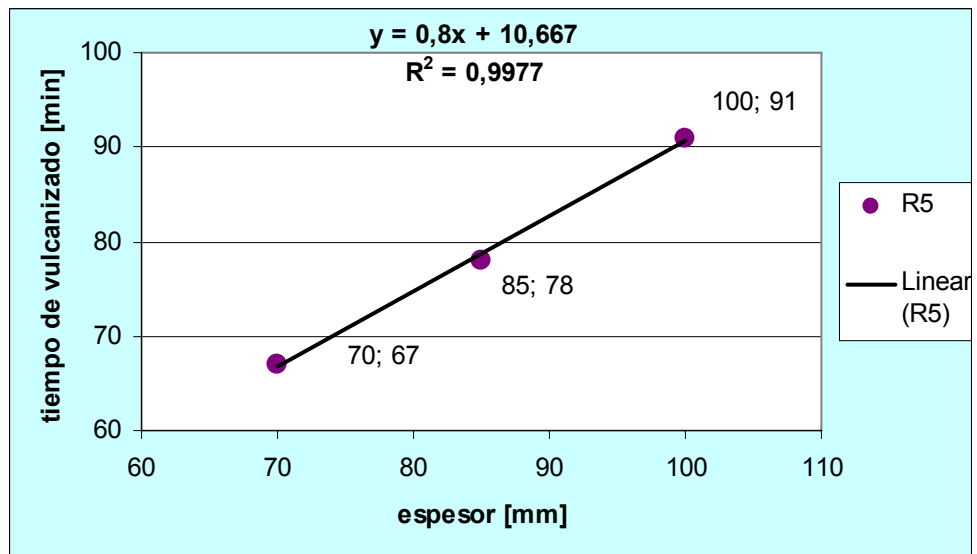


Gráfico 5.14: Datos y línea de tendencia Rango R5 / 15% caucho – 85% acero

6) Intervalo R6:

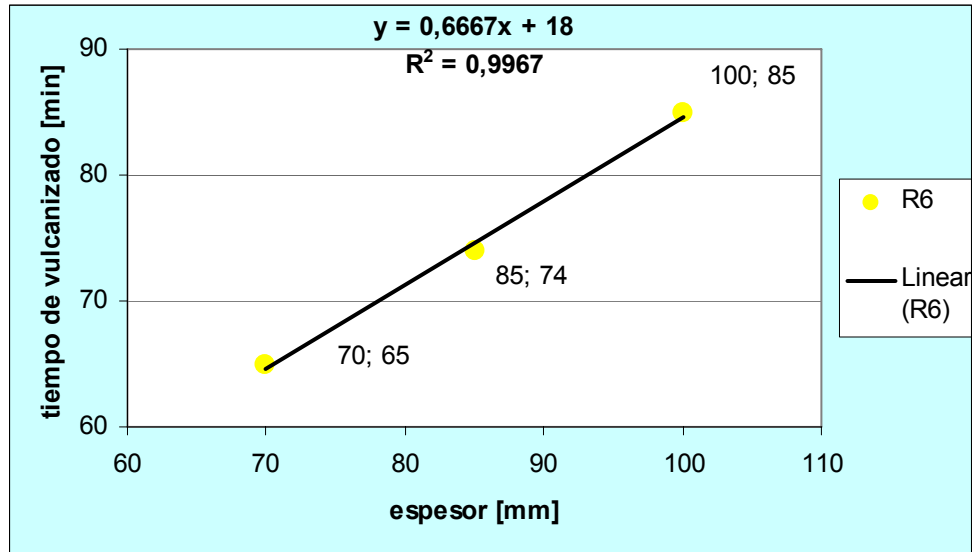


Gráfico 5.15: Datos y línea de tendencia Rango R6 / 15% caucho – 85% acero

7) Intervalo R7:

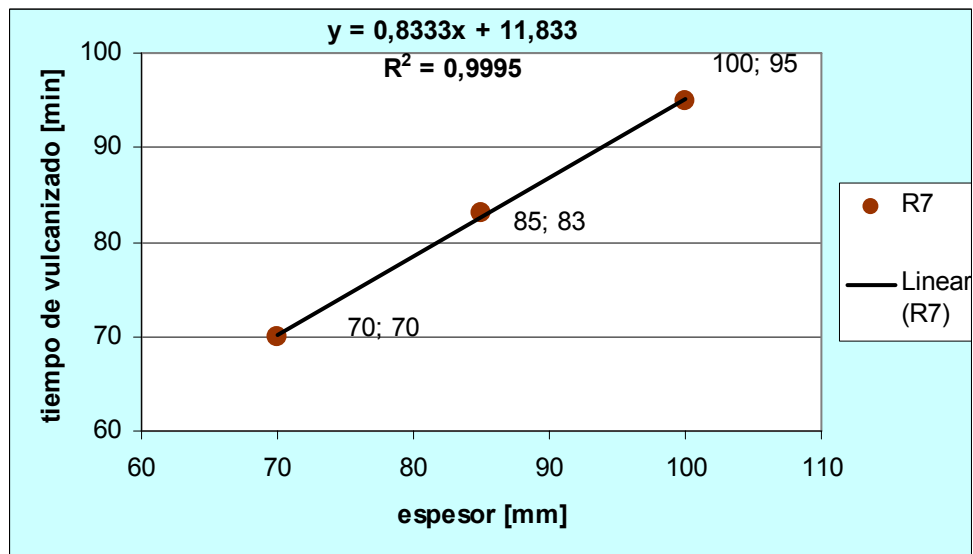


Gráfico 5.16: Datos y línea de tendencia Rango R7 / 15% caucho – 85% acero

8) Intervalo R8:

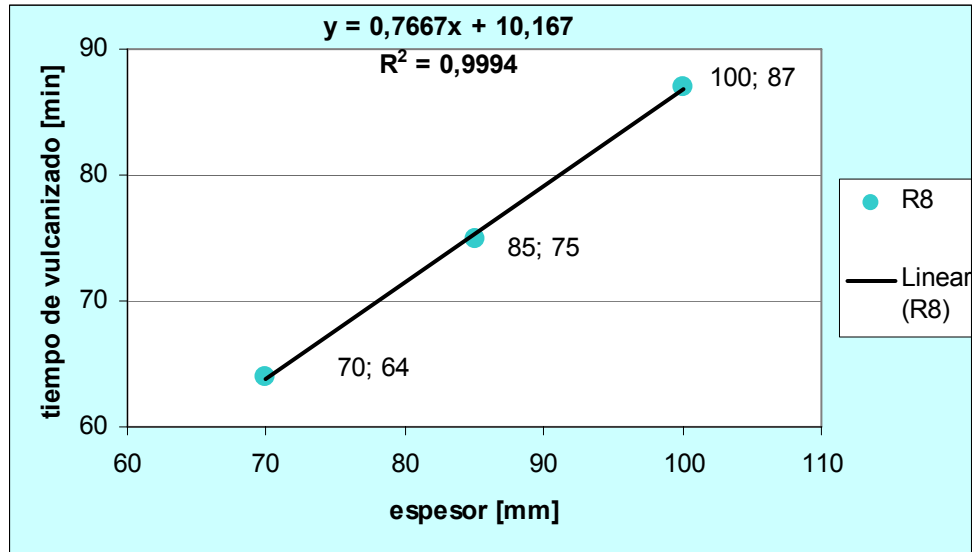


Gráfico 5.17: Datos y línea de tendencia Rango R8 / 15% caucho – 85% acero

9) Intervalo R9:

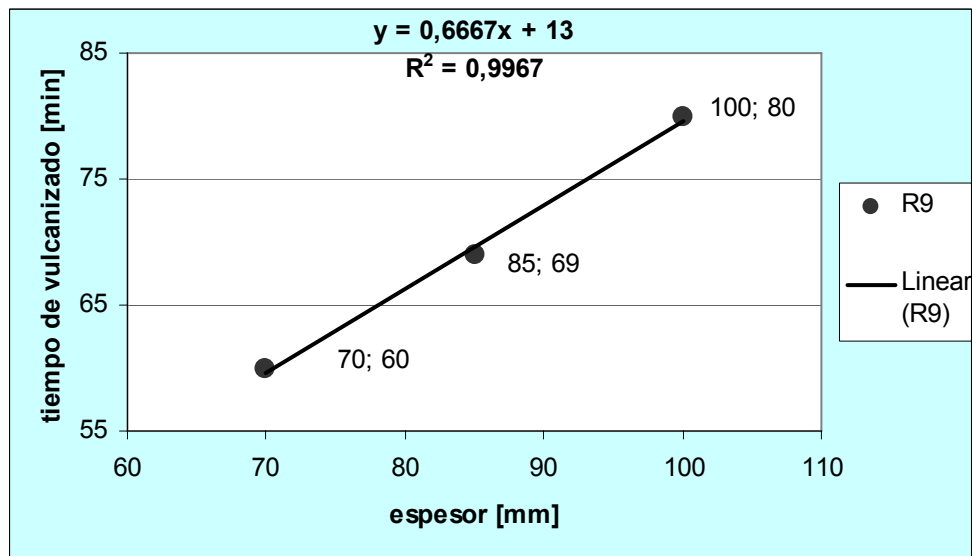


Gráfico 5.18: Datos y línea de tendencia Rango R9 / 15% caucho – 85% acero

Una vez realizado el procedimiento de ajuste de curvas, se ubican las ecuaciones dentro de los casilleros correspondientes a las condiciones de operación. Estas quedan construidas de la siguiente manera (tablas 5.1 y 5.2):

Tabla 5.1: Ecuaciones para determinación de tiempos de vulcanizado 25% caucho / 75% acero

ESPESOR: $h$ [mm]		TEMPERATURA MOLDE (°C)		
		120-129.9	130-139.9	140-150
T°PREFORMA (°C)	40-59.9	$t = 1,1*h + 16,833$	$t = 1,1*h + 11,5$	$t = 1,1*h + 8,5$
	60-79.9	$t = 1,1*h + 12,5$	$t = 1,1*h + 5,5$	$t = 1,1*h + 0,8333$
	$\geq 80$	$t = 1,0667*h + 12$	$t = 1,0667*h + 3,6667$	$t = 1,0667*h - 0,8333$

Tabla 5.2: Ecuaciones para determinación de tiempos de vulcanizado 15% caucho / 85% acero

ESPESOR: $h$ [mm]		TEMPERATURA MOLDE (°C)		
		120-129.9	130-139.9	140-150
T°PREFORMA (°C)	40-59.9	$t = 0,8667*h + 16,667$	$t = 0,8333*h + 15,833$	$t = 0,8333*h + 11,833$
	60-79.9	$t = 0,8333*h + 14,167$	$t = 0,8*h + 10,667$	$t = 0,7667*h + 10,167$
	$\geq 80$	$t = 0,6667*h + 24$	$t = 0,6667*h + 18$	$t = 0,6667*h + 13$

## 5.2. Propuesta de optimización para determinar los tiempos de vulcanizado

Como se ha expuesto anteriormente, el tiempo de vulcanizado al cual debe ser sometida una pieza de caucho depende hoy en día, única y exclusivamente al espesor, sin tomar en cuenta las otras variables del proceso. Este tiempo de vulcanizado ya viene especificado en los planos diseñados en el área de proyectos, por lo que no existe una opción de establecer el tiempo de vulcanizado con las condiciones dadas al momento exacto de la fabricación del producto.

Es por esto, que la propuesta de optimización va enfocada directamente en mejorar el sistema actual de determinación de los tiempos de vulcanizado. Para esto, se propone implementar un nuevo sistema de determinación de tiempos de vulcanizado. Consiste en el diseño de una planilla computacional, la cual tendrá en su base de datos las tablas de registro con las ecuaciones de orden lineal adjuntas. Su función será determinar los tiempos de vulcanizado ingresando las condiciones de operación existentes al momento de comenzar el proceso en el área de prensas, es decir, los valores de las cuatro variables más importantes del proceso: temperatura de molde, temperatura de preforma, composición en peso acero/caucho y espesor.

La figura 5.1 muestra el diagrama de flujo que se aplicará en el diseño de la planilla computacional. En el anexo D y E se puede observar la planilla computacional y un ejemplo en la cual se utiliza, respectivamente. El link para ingresar a la planilla computacional es ***<http://jmarancibia.webcindario.com/>***.

El orden en el ingreso de los datos es el siguiente:

1. Temperatura de molde
2. Temperatura de preforma
3. Composición de caucho
4. Espesor

Para la correcta implementación de este sistema, se requiere de un PC que esté situado en el área de prensas, utilización de timers y termocuplas, y de una capacitación tanto para el supervisor como para todos los operarios que trabajan en esa área.

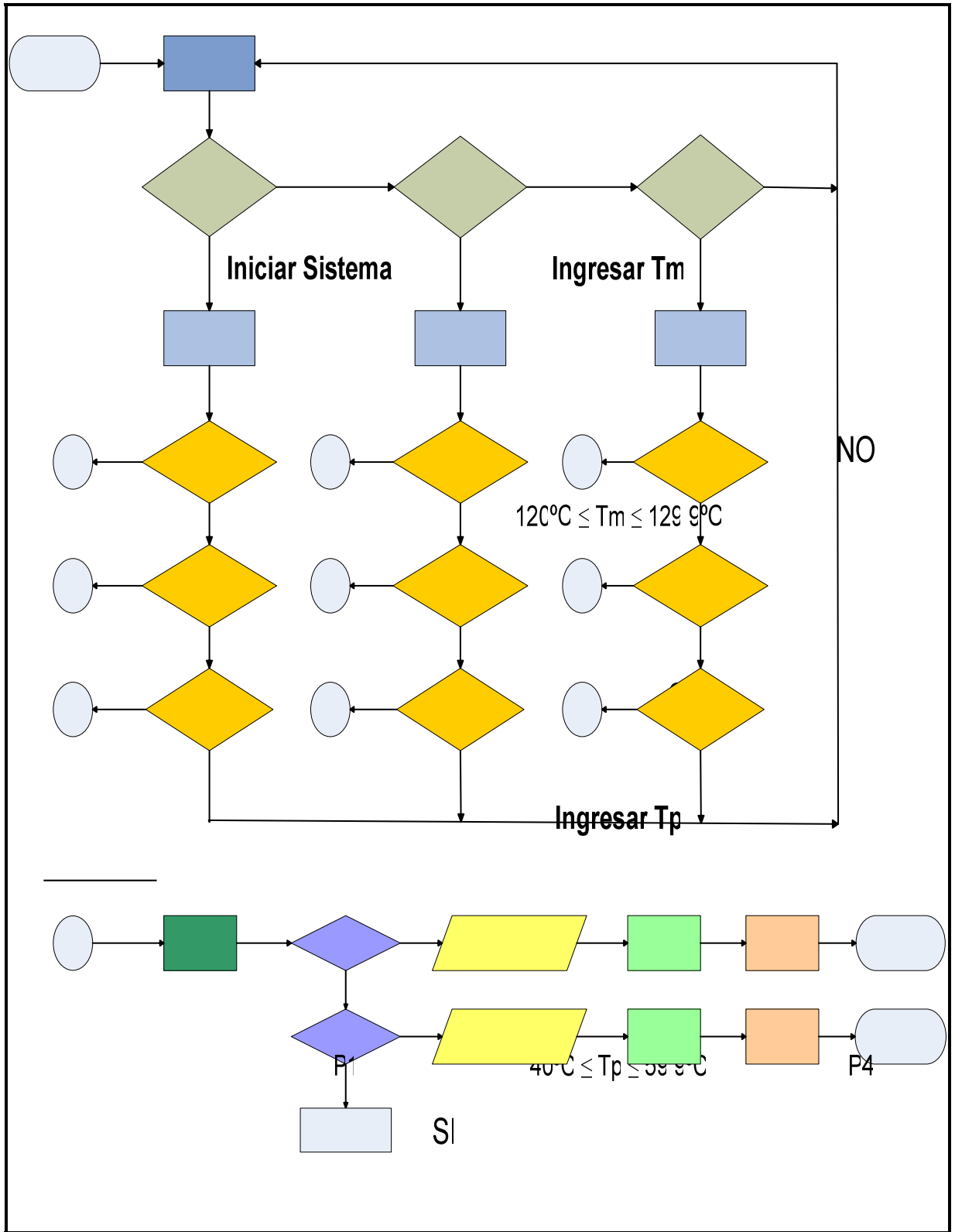


Figura 5.1: Diagrama de flujo de la planilla computacional P2

Las ventajas de la implementación de este sistema son:

- La posibilidad de integrar dentro del proceso las variables que son ignoradas en el sistema actual.
- Permite trabajar con datos reales del proceso y no aproximados desde una oficina.
- Minimizar los errores en el vulcanizado de las piezas, ya que está preparado para variaciones en las variables.

### **5.3. Método de validación de las curvas obtenidas**

Para poder realizar un trabajo serio y responsable y no afectar mayormente a los productos de la empresa, es necesario validar los datos obtenidos experimentalmente, al igual que las curvas obtenidas en base al análisis numérico de los datos. Esto es necesario, debido a que a pesar de que todo lo descrito anteriormente cuenta con una base teórica, no contempla aún las condiciones actuales de la fábrica, esto se refiere a una serie de eventualidades que pueden ocurrir y que permitan desviarse de las condiciones estándar planteadas.

El método propuesto para poder validar esta información es lo que se explicará a continuación, para así llevar un trabajo sistemático que permita optimizar el proceso en forma segura e involucrando a todo el personal.

La validación se llevará a cabo por medio de un seguimiento de las piezas, esto quiere decir que existirá una actividad anexa a las labores diarias. Esta consistirá en seguir el proceso productivo de una pieza desde que se preparan las preformas hasta su control de calidad para luego ser enviadas al cliente. Este seguimiento será solo a un tipo de producto a la vez pero de forma consecutiva en su fabricación. Este procedimiento se puede llevar a cabo con cualquier pieza que esté actualmente fabricándose en la planta y que cumpla con los requerimientos de composición en peso caucho/acero estudiados.

Se ha diseñado un registro de control llamado "Reducción tiempo vulcanizado" (anexo F) para poder realizar esta validación.



Este registro consta de las siguientes partes:

- Condiciones de Carga: En este ítem están tabulados diferentes datos los cuales deben ser llenados para poder identificar las condiciones de operación del proceso, para así después comparar con lo que está descrito en las curvas de tiempos de vulcanizado y así validar el procedimiento. Este ítem contiene datos como:
  - a) N° Plano
  - b) Nombre de la pieza (identificando su espesor)
  - c) N° Prensa donde se fabricara el producto
  - d) Composición caucho (% en masa)
  - e) Composición acero (% en masa)
  - f) Tiempo actual
  - g) Orden de Trabajo (OT)
  - h) N° trazabilidad (o correlativo)
  - i) Fecha
  - j) T° molde
  - k) T° preforma

Estos dos últimos puntos son importantes para llevar a cabo una buena validación. Se debe trabajar siempre en un mismo rango de temperatura de molde y preforma, esto con el objeto de seguir una línea de trabajo donde las variables sean constantes en sus valores. Con las cuatro variables identificadas se procede a obtener el tiempo de vulcanizado que se le debe dar a la pieza según estos parámetros.

- Vulcanizado: en esta parte del registro se consideran los tiempos de vulcanizado que se van obteniendo en cada uno de los seguimientos, ya que la idea de este procedimiento es ir siguiendo a la pieza en cargas sucesivas e ir bajando los tiempos de vulcanizado en intervalos de 5 [min], para así llegar a los tiempos obtenidos de forma experimental.

- Chequeo de productos: este ítem consta de 3 diferentes pruebas que se le realizarán a las piezas en seguimiento. Estas son:
- a) Ensayo de dureza: Para que una pieza se catalogue como buena se deben realizar ensayos según la norma ASTM D2240, y de acuerdo a lo establecido por los proveedores la dureza de la goma debería estar entre 55 a 65 Shore A.
  - b) Testigos: Los testigos se deben extraer desde el punto más crítico de la pieza, la mayor parte de las veces es en el centro de éstas o en la parte de mayor espesor. Estos deben estar sin ninguna porosidad y con una resistencia alta a la tracción, o sea que no se rompa al momento de estirla. Esta prueba es sólo una inspección visual.
  - c) Análisis de ultrasonido: En el caso de piezas de geometría complicada o de espesores muy grandes será necesario este análisis, el cual vislumbra si en su punto más crítico posee porosidades o no.

Si el producto pasa todas estas pruebas entonces se valida el tiempo y se continúa bajando los tiempos hasta obtener tiempos similares a los obtenidos por las curvas experimentales.

Posterior al desarrollo de la propuesta para la optimización, se procederá en la próxima sección a analizar su viabilidad económica.

## **6. Evaluación económica de la propuesta de optimización**

En esta sección, se llevará a cabo una evaluación económica con el objeto de comprobar la viabilidad de la propuesta planteada en el capítulo anterior.

Los resultados obtenidos en los ensayos experimentales y su posterior análisis arrojaron disminuciones en los tiempos de vulcanizado en comparación con los aplicados actualmente. Esto trae consigo un beneficio para la empresa, ya que se produce un ahorro en los costos de producción, por cuanto las piezas necesitan menos tiempos en las prensas lo que lleva a un menor gasto en vapor para su fabricación.

La evaluación económica que se llevará a cabo consiste en calcular la diferencia que existe, entre los valores de producción con los tiempos actuales y los tiempos que se pueden aplicar con los tiempos obtenidos experimentalmente para 3 de los casos disponibles. Para esto, la producción base será la comprendida en el periodo Junio 2007- Junio 2008. Las diferencias obtenidas entre el valor de producción actual y el valor de los 3 casos será el ahorro obtenido por concepto de tiempos de prensa.

Por otra parte, se calculará el monto de la inversión para implementar la propuesta de optimización y se analizará su recuperación.

## 6.1. Ingresos por ventas

De acuerdo a los registros correspondientes al área de producción de la empresa, en el periodo comprendido entre Junio del año 2007 y Junio del año 2008, la fabricación de piezas polymet se puede desglosar de la siguiente forma:

- Se fabricaron un total de 12.909 unidades de productos polymet con las composiciones en peso estudiadas.
- De este total, 11.730 unidades corresponden a lifter polymet y 1.179 unidades corresponden a corazas polymet.
- En el caso de la composición acero/caucho, 7.534 unidades poseen una composición de 15% caucho/85% acero y 5.375 unidades son compuestas por 25% caucho/75% acero.

La tabla 6.1 muestra las unidades de acuerdo a sus espesores y composiciones caucho/acero.

Tabla 6.1: Unidades de producción piezas polymet

espesor [mm]	15%caucho	25%caucho
100	-	108
120	120	180
140	136	366
150	24	-
160	5320	656
170	80	27
180	-	506
190	-	640
200	200	170
210	110	158
230	60	102
240	932	408
250	-	560
270	-	972
280	192	-
300	360	522
<b>Total</b>	<b>7534</b>	<b>5375</b>

## 6.2. Costos de producción

Los costos asociados a la fabricación de las piezas polimet se dividen en 3 ítems: materiales, operaciones y asociados. Dentro del ítem operaciones se encuentra ubicado el valor de prensas. Este valor indica el gasto que implica tener el molde en las prensas durante el vulcanizado, es decir, depende del tiempo que se le aplica a la pieza para que sea fabricada y su precio es dependiente del precio del combustible.

De acuerdo a estimaciones por el área de costos, el valor de prensas corresponde aproximadamente a un 10% de los costos de producción, siendo el 90% restante el relacionado a los otros ítems sin considerar. Este valor de prensas es igual a \$13.026 por hora. Con esta cifra, se calculará el ahorro que se puede obtener aplicando los tiempos de vulcanizado obtenidos en el capítulo anterior, basándose en la producción registrada en el periodo Junio 2007- Junio 2008.

Para esto, se van a comparar los costos que se originaron en dicha producción con los costos que se generarían si se aplicaran los tiempos de vulcanizado planteados. Debido a la cantidad de posibilidades de tiempos de vulcanizado, se tomarán como ejemplo sólo 3 de estos rangos:

- El rango R1: será considerado como el peor caso, con temperatura de molde entre los 120 y 129,9 [°C] y temperatura de preforma en un rango de 40 – 59,9 [°C].
- El rango R5: corresponderá al caso medio, con temperatura de molde entre los 130 y 139,9 [°C] y temperatura de preforma en un rango de 60 – 79,9 [°C].
- El rango R9: denominado como el mejor caso, con temperatura de molde entre los 140 y 150 [°C] y temperatura de preforma igual o mayor a 80 [°C].

Los cálculos para obtener los valores de producción actuales y de los ahorros involucrados se encuentran en el anexo G. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 6.2: Diferencia entre caso actual y casos planteados

Caso	Actual	Peor caso (R1)	Caso medio (R5)	Mejor caso (R9)
Valor [ \$ ]	165.927.576	144.956.234	134.247.938	121.387.822
Ahorro [ \$ ]	0	20.971.342	31.679.638	44.539.754

Se puede observar que existen diferencias significativas entre los casos analizados y el caso actual.

### **6.3. Inversión para desarrollo de propuesta**

De acuerdo a lo señalado en el capítulo anterior, la propuesta de optimización que se desea implementar consta de las siguientes aplicaciones:

- a. Planilla computacional: Esta herramienta estará habilitada en un computador especialmente ubicado en el área de prensas. Será una planilla que esté disponible en la red, por lo tanto, se necesita una conexión a Internet para que esté operativa.
- b. Timers con sistema de alarmas: Esta herramienta permite ingresar el tiempo de vulcanizado obtenido por planilla, y luego de cumplido dicho tiempo, genere una señal de aviso, en este caso un sonido de alarma. Este sistema ayudará a terminar el proceso de vulcanizado en el momento exacto.
- c. Set de termocupla: Para contribuir con la disminución de los tiempos de carga y correcta medición de las variables, se plantea tener una termocupla con su sonda magnética y aguja correspondiente, presentes en las 8 prensas existentes en el área de prensas.
- d. Capacitación al personal: Esto tiene por objeto realizar todas las aplicaciones anteriores de forma óptima. Consta de 2 clases teóricas y 3 clases prácticas, que en total sumaran 5 clases.

Una vez detalladas las aplicaciones que se desean implementar en el proceso de vulcanizado, se detallarán los montos involucrados en cada una de ellas y el monto total al que ascenderá la inversión (Tabla 6.3).

Tabla 6.3: Valores detallados de la inversión planteada

Ítem	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Planilla computacional:			
➤ Computador	1 computador	➤ \$400.000	➤ \$400.000
➤ Derechos de autor		➤ \$250.000	➤ \$250.000
Timers con sistema de alarma	8 timers con alarma <sup>4</sup>	\$95.500	\$764.000
Set de termocupla	8 termocuplas con sonda magnética y aguja <sup>4</sup>	\$115.350	\$922.800
Capacitación al personal	18 operarios fijos, 4 reservas y 2 supervisores	\$41.856 <sup>5</sup>	\$5.022.720

El total de la inversión es de \$ 7.359.520. Este valor es bajo, por lo que se puede evidenciar que si se aplica cualquiera de los 3 casos donde se obtuvieron los ahorros, la recuperación de esta inversión se logra antes del año.

<sup>4</sup>: "Sper Scientific. Sitio web Oficial [en línea]. <http://www.sperscientific.com/>; Internet; acceso 18 julio 2009."

<sup>5</sup>: "Valor clase aproximado por persona: 2 U.F. Valor U.F = \$ 20.928 (Julio2009) Fuente: [www.emol.com](http://www.emol.com)."

## 7. Conclusiones

Mediante el estudio realizado, se obtuvieron diversos resultados que permiten realizar un diagnóstico acabado del proceso de moldeo por compresión en la vulcanización de productos de Metso Minerals Chile.

En primer lugar, se ha comprobado una base teórica sólida del proceso de vulcanizado, tomando en cuenta el comportamiento cinético y termodinámico que el caucho experimenta durante el proceso de vulcanizado.

Al comprender el proceso de moldeo por compresión, fue posible identificar las variables que influyen en el proceso, y saber su injerencia. Se obtuvieron conclusiones sólidas acerca de la real influencia de ciertas variables, como por ejemplo, la composición en peso caucho/acero, que hasta este momento era una incertidumbre.

Los resultados obtenidos en las pruebas experimentales, han dejado en evidencia disminuciones en comparación con los tiempos actuales aplicados. El completo análisis de dichos resultados, permitió elaborar una optimización con un respaldo más serio y exacto.

Desde el punto de vista económico, se pudo obtener un beneficio directo de esta optimización debido a los ahorros operacionales que resultaron de este estudio. La inversión realizada, obligará a una reestructuración del proceso productivo que traerá consigo dividendos positivos para la empresa.

Las conclusiones derivadas de este estudio permitirán a la empresa tomar decisiones a futuro con el fin de generar mayor productividad.



## 8. Recomendaciones

Se debe hacer hincapié en la realización de procedimientos estándar para llevar a cabo de forma óptima todos los pasos correspondientes a la fabricación de estos productos. Esto mediante planes de trabajo, claros y formales, que eviten fallas ocasionadas por el operador y demoras en la elaboración del producto. Todo lo anteriormente mencionado, debe ir acompañado de un control constante y estricto por parte del área de calidad de la empresa.


Existen variables propias del proceso, como la presión de vapor y la presión hidráulica que no fueron consideradas en este estudio, sin embargo, su influencia debe ser considerada en estudios posteriores.

Se sugiere la posibilidad de realizar estudios con otras composiciones en peso caucho/acero. Esto con el objeto de tener datos más certeros sobre la influencia de esta variable.

## 9. Bibliografía

1. Friedenthal, Esteban. 2007. Moldeo por compresión y transferencia. Procesados de artículos de caucho, Curso Metso Minerals [Diapositivas]. Viña del Mar. 148 diapositivas.
2. Friedenthal, Esteban. 2004. Tecnología básica del caucho. Abril. Buenos Aires.
3. Procesos para conformado de plásticos. 309 – 357.
4. Metso Corporation. Sitio web Oficial [en línea]. <http://www.metso.com>; Internet; acceso 15 abril 2009.
5. Metso Minerals. Sitio web Oficial [en línea] <http://www.metsominerals.com>; Internet; acceso 16 abril 2009.
6. Juan Bustamante, Jefe de Área Proyectos, Metso Minerals, Concón V Región [entrevista].
7. Morton Jones. 1989. D. H Polymer Processing. Chapman and Hall. London.
8. Sper Scientific. Sitio web Oficial [en línea]. <http://www.sperscientific.com/>; Internet; acceso 18 julio 2009.

## Anexo A: Hoja de mediciones pruebas experimentales

REGISTRO DE MEDICIONES					
<b>I. CARACTERISTICAS DE LA MEDICION</b>					
PRUEBA N°:					
Tipo pieza:					
Tipo cauchic:					
<b>II. DIMENSIONES DE LA PIEZA</b>					
Esoesor (mm)					
Ancho(mm)					
Largo (mm)					
<b>III. DATOS</b>					
Orden:					
Batch:					
Hora inicio:					
Hora termino:					
Fecha:					
N° cable:					
<b>IV. CONDICIONES DE OPERACION</b>					
Factor de Seguridad					
Tpo Vulcanizado (min):					
Goma Extrusora (kg):					
Acero (kg):					
<b>V. VARIABLES CONTROLADAS</b>					
T°del molde (°C)					
T° preforma (°C)					
Presión Hidr (kg/cm²):					
<b>VI. MEDICIONES</b>					
N° medición	Tiempo (min)	°Ti (°C)	N° medición	Tiempo (min)	°Ti (°C)
1	0		26	125	
2	5		27	130	
3	10		28	135	
4	15		29	140	
5	20		30	145	
6	25		31	150	
7	30		32	155	
8	35		33	160	
9	40		34	165	
10	45		35	170	
11	50		36	175	
12	55		37	180	
13	60		38	185	
14	65		39	190	
15	70		40	195	
16	75		41	200	
17	80		42	205	
18	85		43	210	
19	90		44	215	
20	95		45	220	
21	100		46	225	
22	105		47	230	
23	110		48	235	
24	115		49	240	
25	120		50	245	

## Anexo B: Certificado de caucho

METSO MINERALS AB		Extended reports				2008-04-10 Page: 5	
Compound :	6160002			NR/BR			
Orderno.:	80406						
Batch range:	1	-	224				
Date range:	2008-04-03	-	2008-04-10				
Column definitions							
1. MDR Rheometer MDR 0.5°							
2. MDR Rheometer MDR 0.5°							
3. MDR Rheometer MDR 0.5°							
4. DIGI Härdhet Shore A (Auto)							
5. TENSODragprov							
6. TENSODragprov							
Test code :	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
Variable :	MDR	MDR	MDR	DIGI	TENSO	TENSO	
Unit :	ML	t90	MH	Hardness	Tens.stre.	Elongation	
	dNm	min	dNm	Shore A	MPa	%	
LSL :	2.20	1.80	11.00	57	17.5	500	
USL :	3.55	2.62	15.50	65	25.0	800	
Number of measurements	224	224	224	224	6	6	
Minimum	2.43	2.13	12.49	57	21.6	650	
Maximum	3.45	2.55	15.50	62	22.9	671	
Mean value	2.89	2.32	13.87	59	22.6	662	
Range	1.02	0.42	3.01	5	1.3	21	
Standard deviation	0.180	0.088	0.649	1.0	0.48	8.4	
Cp	1.252	2.015	1.155	1.272	2.579	5.976	
CpK	1.217	1.458	0.835	0.673	1.685	5.498	

## Anexo C: Planilla de ensayos realizados

PRUEBA N°1

FECHA: 05/09/08

ESPEJOR 100 mm / 15 % GOMA

### Datos

T° molde (°C)	132
T° amb. (°C)	18
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	72
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	$\Delta t$ reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	45	318	2,4E-05	0,00012	0,00012	1,8	2,52	2,62
2	5	38	311	1,1E-05	5,4E-05	0,00017	1,8	2,52	2,62
3	10	50,2	323,2	4,2E-05	0,00021	0,00038	1,8	2,52	2,62
4	15	63,2	336,2	0,00016	0,00078	0,00116	1,8	2,52	2,62
5	20	74,9	347,9	0,00047	0,00237	0,00353	1,8	2,52	2,62
6	25	84,9	357,9	0,00115	0,00576	0,00929	1,8	2,52	2,62
7	30	94,2	367,2	0,00252	0,01262	0,02192	1,8	2,52	2,62
8	35	101,9	374,9	0,00469	0,02346	0,04538	1,8	2,52	2,62
9	40	108,9	381,9	0,00807	0,04033	0,0857	1,8	2,52	2,62
10	45	114,9	387,9	0,01263	0,06316	0,14887	1,8	2,52	2,62
11	50	119,7	392,7	0,01791	0,08955	0,23842	1,8	2,52	2,62
12	55	124	397	0,02431	0,12156	0,35997	1,8	2,52	2,62
13	60	128,7	401,7	0,0337	0,16849	0,52847	1,8	2,52	2,62
14	65	132	405	0,04219	0,21095	0,73942	1,8	2,52	2,62
15	70	135	408	0,05159	0,25795	0,99737	1,8	2,52	2,62
16	75	137,8	410,8	0,06208	0,3104	1,30776	1,8	2,52	2,62
17	80	140,5	413,5	0,07403	0,37016	1,67792	1,8	2,52	2,62
18	85	142,2	415,2	0,08262	0,41308	2,09101	1,8	2,52	2,62
19	90	143,6	416,6	0,09037	0,45183	2,54284	1,8	2,52	2,62
20	95	145,8	418,8	0,10392	0,51958	3,06242	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	91	90	82

**PRUEBA N°2**  
**FECHA: 10/09/08**  
**ESPELOR 100 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	138
T° amb. (°C)	19
P° hidraulica (kg / cm <sup>2</sup> )	140
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	42
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	42,3	315,3	1,8E-05	8,8E-05	8,8E-05	1,8	2,52	2,62
2	5	49	322	3,7E-05	0,00018	0,00027	1,8	2,52	2,62
3	10	54,7	327,7	6,6E-05	0,00033	0,0006	1,8	2,52	2,62
4	15	59,4	332,4	0,00011	0,00054	0,00114	1,8	2,52	2,62
5	20	64,9	337,9	0,00018	0,00092	0,00206	1,8	2,52	2,62
6	25	70,7	343,7	0,00032	0,0016	0,00367	1,8	2,52	2,62
7	30	77,6	350,6	0,00061	0,00303	0,00669	1,8	2,52	2,62
8	35	82,6	355,6	0,00094	0,00472	0,01141	1,8	2,52	2,62
9	40	88,3	361,3	0,00154	0,00771	0,01912	1,8	2,52	2,62
10	45	93,1	366,1	0,00231	0,01153	0,03065	1,8	2,52	2,62
11	50	97,6	370,6	0,00333	0,01665	0,0473	1,8	2,52	2,62
12	55	102,2	375,2	0,0048	0,02402	0,07133	1,8	2,52	2,62
13	60	106,6	379,6	0,00677	0,03383	0,10515	1,8	2,52	2,62
14	65	110,8	383,8	0,00931	0,04655	0,1517	1,8	2,52	2,62
15	70	114,4	387,4	0,01218	0,06088	0,21258	1,8	2,52	2,62
16	75	118	391	0,01584	0,07921	0,29179	1,8	2,52	2,62
17	80	121,1	394,1	0,0198	0,09899	0,39078	1,8	2,52	2,62
18	85	124,6	397,6	0,02536	0,12679	0,51757	1,8	2,52	2,62
19	90	127,8	400,8	0,03167	0,15837	0,67594	1,8	2,52	2,62
20	95	130,3	403,3	0,0376	0,18798	0,86392	1,8	2,52	2,62
21	100	132,9	405,9	0,04483	0,22414	1,08806	1,8	2,52	2,62
22	105	135,8	408,8	0,05441	0,27203	1,36009	1,8	2,52	2,62
23	110	137,6	410,6	0,06127	0,30634	1,66643	1,8	2,52	2,62
24	115	141,5	414,5	0,07898	0,39488	2,06131	1,8	2,52	2,62
25	120	143,9	416,9	0,09211	0,46056	2,52188	1,8	2,52	2,62
26	125	145,4	418,4	0,10132	0,5066	3,02848	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	121	120	112

**PRUEBA N°3**  
**FECHA: 16/09/08**  
**ESPELOR 100 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	136
T° amb. (°C)	11
P° hidraulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	50
Dureza	59

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	38,2	311,2	1,1E-05	5,5E-05	5,5E-05	1,8	2,52	2,62
2	5	43	316	1,9E-05	9,5E-05	0,00015	1,8	2,52	2,62
3	10	50,5	323,5	4,3E-05	0,00021	0,00036	1,8	2,52	2,62
4	15	55,4	328,4	7,1E-05	0,00036	0,00072	1,8	2,52	2,62
5	20	61,4	334,4	0,00013	0,00065	0,00138	1,8	2,52	2,62
6	25	70,3	343,3	0,00031	0,00155	0,00292	1,8	2,52	2,62
7	30	78,8	351,8	0,00067	0,00337	0,00629	1,8	2,52	2,62
8	35	85,7	358,7	0,00124	0,00618	0,01247	1,8	2,52	2,62
9	40	92,5	365,5	0,00219	0,01097	0,02344	1,8	2,52	2,62
10	45	100,9	373,9	0,00434	0,02168	0,04512	1,8	2,52	2,62
11	50	105,2	378,2	0,00607	0,03036	0,07548	1,8	2,52	2,62
12	55	111,6	384,6	0,00989	0,04943	0,12491	1,8	2,52	2,62
13	60	116,9	389,9	0,01463	0,07313	0,19804	1,8	2,52	2,62
14	65	121,5	394,5	0,02037	0,10185	0,29989	1,8	2,52	2,62
15	70	125,8	398,8	0,02757	0,13787	0,43777	1,8	2,52	2,62
16	75	130,4	403,4	0,03785	0,18926	0,62703	1,8	2,52	2,62
17	80	135,3	408,3	0,05263	0,26315	0,89017	1,8	2,52	2,62
18	85	140	413	0,07167	0,35835	1,24852	1,8	2,52	2,62
19	90	143,4	416,4	0,08922	0,4461	1,69462	1,8	2,52	2,62
20	95	145,1	418,1	0,09941	0,49707	2,19169	1,8	2,52	2,62
21	100	148,1	421,1	0,12007	0,60034	2,79203	1,8	2,52	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>99</b>	<b>98</b>	<b>92</b>

**PRUEBA N°4**  
**FECHA: 11/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	148
T° amb. (°C)	20
P° hidraulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	80
Dureza	63

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	80	353	0,00075	0,00375	0,00375	1,8	2,52	2,62
2	5	53,6	326,6	5,9E-05	0,0003	0,00405	1,8	2,52	2,62
3	10	55,1	328,1	6,9E-05	0,00035	0,00439	1,8	2,52	2,62
4	15	60,3	333,3	0,00012	0,00059	0,00498	1,8	2,52	2,62
5	20	66,7	339,7	0,00022	0,0011	0,00608	1,8	2,52	2,62
6	25	72,6	345,6	0,00038	0,00192	0,00799	1,8	2,52	2,62
7	30	78,5	351,5	0,00066	0,00328	0,01127	1,8	2,52	2,62
8	35	84,8	357,8	0,00114	0,00571	0,01699	1,8	2,52	2,62
9	40	90,2	363,2	0,00181	0,00906	0,02604	1,8	2,52	2,62
10	45	95,6	368,6	0,00283	0,01416	0,0402	1,8	2,52	2,62
11	50	100,4	373,4	0,00417	0,02083	0,06104	1,8	2,52	2,62
12	55	104,6	377,6	0,0058	0,02898	0,09002	1,8	2,52	2,62
13	60	109,7	382,7	0,00857	0,04285	0,13286	1,8	2,52	2,62
14	65	112,8	385,8	0,01081	0,05407	0,18693	1,8	2,52	2,62
15	70	117,6	390,6	0,01539	0,07695	0,26388	1,8	2,52	2,62
16	75	122,4	395,4	0,02172	0,10858	0,37245	1,8	2,52	2,62
17	80	126,7	399,7	0,02935	0,14677	0,51923	1,8	2,52	2,62
18	85	131,1	404,1	0,0397	0,19848	0,71771	1,8	2,52	2,62
19	90	136,9	409,9	0,05851	0,29255	1,01026	1,8	2,52	2,62
20	95	141,4	414,4	0,07847	0,39234	1,4026	1,8	2,52	2,62
21	100	143,9	416,9	0,09211	0,46056	1,86316	1,8	2,52	2,62
22	105	145,8	418,8	0,10392	0,51958	2,38274	1,8	2,52	2,62
23	110	148,3	421,3	0,12158	0,60789	2,99063	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	107	106	100



**PRUEBA N°5**  
**FECHA: 12/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	145
T° amb. (°C)	22
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	81
Dureza	57

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	50	323	4,1E-05	0,0002	0,0002	1,8	2,52	2,62
2	5	43,6	316,6	2E-05	0,0001	0,0003	1,8	2,52	2,62
3	10	57,8	330,8	9,1E-05	0,00046	0,00076	1,8	2,52	2,62
4	15	69,2	342,2	0,00028	0,00139	0,00215	1,8	2,52	2,62
5	20	81	354	0,00082	0,0041	0,00625	1,8	2,52	2,62
6	25	90	363	0,00178	0,0089	0,01516	1,8	2,52	2,62
7	30	98,7	371,7	0,00364	0,01819	0,03335	1,8	2,52	2,62
8	35	106	379	0,00646	0,0323	0,06565	1,8	2,52	2,62
9	40	112,8	385,8	0,01081	0,05407	0,11971	1,8	2,52	2,62
10	45	119,3	392,3	0,0174	0,08701	0,20673	1,8	2,52	2,62
11	50	124,9	397,9	0,0259	0,12948	0,3362	1,8	2,52	2,62
12	55	129,2	402,2	0,03487	0,17437	0,51057	1,8	2,52	2,62
13	60	134,6	407,6	0,05023	0,25117	0,76174	1,8	2,52	2,62
14	65	139,5	412,5	0,06938	0,34688	1,10862	1,8	2,52	2,62
15	70	142,8	415,8	0,08586	0,4293	1,53792	1,8	2,52	2,62
16	75	146,3	419,3	0,10725	0,53623	2,07415	1,8	2,52	2,62
17	80	148,5	421,5	0,1231	0,61552	2,68967	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	80	79	74

**PRUEBA N°6**  
**FECHA: 16/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	147
T° amb. (°C)	11
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	67
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	42	315	1,7E-05	8,5E-05	8,5E-05	1,8	2,52	2,62
2	5	43,2	316,2	1,9E-05	9,7E-05	0,00018	1,8	2,52	2,62
3	10	55	328	6,9E-05	0,00034	0,00053	1,8	2,52	2,62
4	15	67,4	340,4	0,00023	0,00117	0,0017	1,8	2,52	2,62
5	20	78,4	351,4	0,00065	0,00325	0,00495	1,8	2,52	2,62
6	25	87,3	360,3	0,00142	0,00708	0,01203	1,8	2,52	2,62
7	30	95,8	368,8	0,00288	0,01439	0,02642	1,8	2,52	2,62
8	35	103,7	376,7	0,0054	0,02702	0,05344	1,8	2,52	2,62
9	40	110	383	0,00877	0,04383	0,09727	1,8	2,52	2,62
10	45	115,9	388,9	0,0136	0,06798	0,16525	1,8	2,52	2,62
11	50	121,2	394,2	0,01994	0,0997	0,26495	1,8	2,52	2,62
12	55	125,6	398,6	0,02719	0,13597	0,40091	1,8	2,52	2,62
13	60	128,9	401,9	0,03416	0,17082	0,57173	1,8	2,52	2,62
14	65	133,9	406,9	0,04794	0,23969	0,81143	1,8	2,52	2,62
15	70	137	410	0,0589	0,29448	1,10591	1,8	2,52	2,62
16	75	140,4	413,4	0,07355	0,36777	1,47368	1,8	2,52	2,62
17	80	143,3	416,3	0,08865	0,44326	1,91694	1,8	2,52	2,62
18	85	146,1	419,1	0,1059	0,52951	2,44645	1,8	2,52	2,62
19	90	148,8	421,8	0,12543	0,62714	3,07359	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	87	86	79

**PRUEBA N°7**  
**FECHA: 30/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	143
T° amb. (°C)	15
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	71
Dureza	61

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	55,2	328,2	7E-05	0,00035	0,00035	1,8	2,32	2,62
2	5	42,8	315,8	1,9E-05	9,3E-05	0,00044	1,8	2,32	2,62
3	10	47,4	320,4	3,1E-05	0,00015	0,0006	1,8	2,32	2,62
4	15	54,6	327,6	6,6E-05	0,00033	0,00093	1,8	2,32	2,62
5	20	60,2	333,2	0,00012	0,00058	0,00151	1,8	2,32	2,62
6	25	65,5	338,5	0,0002	0,00098	0,00248	1,8	2,32	2,62
7	30	69,6	342,6	0,00029	0,00145	0,00393	1,8	2,32	2,62
8	35	74,8	347,8	0,00047	0,00235	0,00628	1,8	2,32	2,62
9	40	81,3	354,3	0,00084	0,00421	0,01049	1,8	2,32	2,62
10	45	87,2	360,2	0,0014	0,00702	0,01751	1,8	2,32	2,62
11	50	92,6	365,6	0,00221	0,01106	0,02857	1,8	2,32	2,62
12	55	98,6	371,6	0,00361	0,01805	0,04662	1,8	2,32	2,62
13	60	105	378	0,00598	0,02989	0,07651	1,8	2,32	2,62
14	65	109,3	382,3	0,00831	0,04157	0,11808	1,8	2,32	2,62
15	70	113,4	386,4	0,01131	0,05653	0,17461	1,8	2,32	2,62
16	75	116,6	389,6	0,01431	0,07155	0,24616	1,8	2,32	2,62
17	80	121,2	394,2	0,01994	0,0997	0,34586	1,8	2,32	2,62
18	85	126,9	399,9	0,02976	0,14882	0,49468	1,8	2,32	2,62
19	90	132,3	405,3	0,04305	0,21527	0,70995	1,8	2,32	2,62
20	95	138,5	411,5	0,06499	0,32497	1,03491	1,8	2,32	2,62
21	100	142,4	415,4	0,08368	0,41842	1,45333	1,8	2,32	2,62
22	105	144,8	417,8	0,09754	0,4877	1,94103	1,8	2,32	2,62
23	110	147,9	420,9	0,11858	0,59289	2,53392	1,8	2,32	2,62
24	115	149,8	422,8	0,13347	0,66733	3,20125	1,8	2,32	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	111	108	105

**PRUEBA N°8**  
**FECHA: 22/09/08**  
**ESPELOR 100 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	144
T° amb. (°C)	18,6
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	53
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	35,4	308,4	8E-06	4E-05	4E-05	1,8	2,52	2,62
2	5	39,1	312,1	1,2E-05	6,1E-05	0,0001	1,8	2,52	2,62
3	10	49,8	322,8	4E-05	0,0002	0,0003	1,8	2,52	2,62
4	15	60,2	333,2	0,00012	0,00058	0,00088	1,8	2,52	2,62
5	20	69,9	342,9	0,0003	0,00149	0,00237	1,8	2,52	2,62
6	25	78,7	351,7	0,00067	0,00334	0,00571	1,8	2,52	2,62
7	30	87	360	0,00138	0,0069	0,01261	1,8	2,52	2,62
8	35	94,2	367,2	0,00252	0,01262	0,02524	1,8	2,52	2,62
9	40	101	374	0,00437	0,02185	0,04709	1,8	2,52	2,62
10	45	107,2	380,2	0,00708	0,03542	0,08251	1,8	2,52	2,62
11	50	112,6	385,6	0,01065	0,05327	0,13578	1,8	2,52	2,62
12	55	117,7	390,7	0,0155	0,07751	0,21329	1,8	2,52	2,62
13	60	123,2	396,2	0,02298	0,1149	0,32818	1,8	2,52	2,62
14	65	127,4	400,4	0,03081	0,15406	0,48224	1,8	2,52	2,62
15	70	131,1	404,1	0,0397	0,19848	0,68072	1,8	2,52	2,62
16	75	135,6	408,6	0,05369	0,26844	0,94917	1,8	2,52	2,62
17	80	138,9	411,9	0,06672	0,33358	1,28274	1,8	2,52	2,62
18	85	141,6	414,6	0,07949	0,39743	1,68018	1,8	2,52	2,62
19	90	143,3	416,3	0,08865	0,44326	2,12343	1,8	2,52	2,62
20	95	146,6	419,6	0,10929	0,54645	2,66989	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	95	94	88

**PRUEBA N°9**  
**FECHA: 10/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	146
T° amb. (°C)	19
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	140
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	50
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	41,3	314,3	1,6E-05	7,9E-05	7,9E-05	1,8	2,52	2,62
2	5	43,5	316,5	2E-05	0,0001	0,00018	1,8	2,52	2,62
3	10	49,2	322,2	3,7E-05	0,00019	0,00037	1,8	2,52	2,62
4	15	52,4	325,4	5,2E-05	0,00026	0,00063	1,8	2,52	2,62
5	20	59,9	332,9	0,00011	0,00056	0,00119	1,8	2,52	2,62
6	25	66,7	339,7	0,00022	0,0011	0,00229	1,8	2,52	2,62
7	30	71,8	344,8	0,00036	0,00178	0,00407	1,8	2,52	2,62
8	35	75,1	348,1	0,00048	0,00241	0,00648	1,8	2,52	2,62
9	40	79,3	352,3	0,0007	0,00352	0,01	1,8	2,52	2,62
10	45	85,1	358,1	0,00117	0,00586	0,01587	1,8	2,52	2,62
11	50	92,6	365,6	0,00221	0,01106	0,02693	1,8	2,52	2,62
12	55	100,2	373,2	0,0041	0,02051	0,04744	1,8	2,52	2,62
13	60	105,6	378,6	0,00626	0,03132	0,07875	1,8	2,52	2,62
14	65	110,8	383,8	0,00931	0,04655	0,1253	1,8	2,52	2,62
15	70	115,4	388,4	0,01311	0,06553	0,19083	1,8	2,52	2,62
16	75	119,8	392,8	0,01804	0,0902	0,28103	1,8	2,52	2,62
17	80	123,1	396,1	0,02282	0,11409	0,39512	1,8	2,52	2,62
18	85	128,6	401,6	0,03347	0,16734	0,56246	1,8	2,52	2,62
19	90	130,8	403,8	0,0389	0,19448	0,75694	1,8	2,52	2,62
20	95	133,9	406,9	0,04794	0,23969	0,99663	1,8	2,52	2,62
21	100	136,2	409,2	0,05587	0,27933	1,27596	1,8	2,52	2,62
22	105	138,8	411,8	0,06628	0,3314	1,60736	1,8	2,52	2,62
23	110	140,6	413,6	0,07451	0,37257	1,97993	1,8	2,52	2,62
24	115	142,1	415,1	0,08209	0,41043	2,39037	1,8	2,52	2,62
25	120	145,2	418,2	0,10005	0,50023	2,89059	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	118	117	108

**PRUEBA N°10**  
**FECHA: 23/09/08**  
**ESPELOR 100 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	127
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	51
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	37,9	310,9	1,1E-05	5,4E-05	5,4E-05	1,8	2,52	2,62
2	5	24,9	297,9	2,3E-06	1,1E-05	6,5E-05	1,8	2,52	2,62
3	10	35,5	308,5	8,1E-06	4,1E-05	0,00011	1,8	2,52	2,62
4	15	47,9	320,9	3,2E-05	0,00016	0,00027	1,8	2,52	2,62
5	20	59,2	332,2	0,00011	0,00053	0,00079	1,8	2,52	2,62
6	25	70,3	343,3	0,00031	0,00155	0,00234	1,8	2,52	2,62
7	30	79,9	352,9	0,00074	0,00372	0,00606	1,8	2,52	2,62
8	35	88,3	361,3	0,00154	0,00771	0,01377	1,8	2,52	2,62
9	40	95,9	368,9	0,0029	0,01451	0,02828	1,8	2,52	2,62
10	45	103,2	376,2	0,0052	0,02598	0,05426	1,8	2,52	2,62
11	50	110,3	383,3	0,00897	0,04483	0,09909	1,8	2,52	2,62
12	55	115,9	388,9	0,0136	0,06798	0,16707	1,8	2,52	2,62
13	60	120,8	393,8	0,01938	0,09689	0,26396	1,8	2,52	2,62
14	65	126,6	399,6	0,02915	0,14576	0,40972	1,8	2,52	2,62
15	70	130,1	403,1	0,03709	0,18543	0,59515	1,8	2,52	2,62
16	75	131,6	404,6	0,04106	0,20532	0,80047	1,8	2,52	2,62
17	80	133,8	406,8	0,04762	0,23809	1,03857	1,8	2,52	2,62
18	85	135,4	408,4	0,05298	0,2649	1,30347	1,8	2,52	2,62
19	90	137,3	410,3	0,06007	0,30036	1,60383	1,8	2,52	2,62
20	95	140	413	0,07167	0,35835	1,96218	1,8	2,52	2,62
21	100	143,5	416,5	0,08979	0,44896	2,41114	1,8	2,52	2,62
22	105	145,7	418,7	0,10326	0,5163	2,92744	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	103	102	93

**PRUEBA N°11**  
**FECHA: 23/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	125
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	51
Dureza	62

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	45,9	318,9	2,6E-05	0,00013	0,00013	1,8	2,52	2,62
2	5	39,4	312,4	1,3E-05	6,3E-05	0,00019	1,8	2,52	2,62
3	10	41,4	314,4	1,6E-05	8E-05	0,00027	1,8	2,52	2,62
4	15	46,9	319,9	2,9E-05	0,00015	0,00042	1,8	2,52	2,62
5	20	53,5	326,5	5,9E-05	0,00029	0,00071	1,8	2,52	2,62
6	25	60,5	333,5	0,00012	0,0006	0,00131	1,8	2,52	2,62
7	30	67,3	340,3	0,00023	0,00116	0,00247	1,8	2,52	2,62
8	35	74	347	0,00044	0,00218	0,00465	1,8	2,52	2,62
9	40	80,3	353,3	0,00077	0,00385	0,00851	1,8	2,52	2,62
10	45	86,3	359,3	0,0013	0,0065	0,01501	1,8	2,52	2,62
11	50	91,7	364,7	0,00205	0,01027	0,02528	1,8	2,52	2,62
12	55	96,8	369,8	0,00312	0,01561	0,04088	1,8	2,52	2,62
13	60	101,5	374,5	0,00455	0,02273	0,06361	1,8	2,52	2,62
14	65	106	379	0,00646	0,0323	0,09591	1,8	2,52	2,62
15	70	110,2	383,2	0,0089	0,0445	0,14041	1,8	2,52	2,62
16	75	114,2	387,2	0,012	0,05998	0,20039	1,8	2,52	2,62
17	80	117,9	390,9	0,01573	0,07864	0,27903	1,8	2,52	2,62
18	85	121,5	394,5	0,02037	0,10185	0,38089	1,8	2,52	2,62
19	90	124,8	397,8	0,02571	0,12857	0,50946	1,8	2,52	2,62
20	95	127,8	400,8	0,03167	0,15837	0,66783	1,8	2,52	2,62
21	100	130,8	403,8	0,0389	0,19448	0,86231	1,8	2,52	2,62
22	105	133,4	406,4	0,04636	0,2318	1,09411	1,8	2,52	2,62
23	110	136	409	0,05513	0,27566	1,36977	1,8	2,52	2,62
24	115	138,5	411,5	0,06499	0,32497	1,69473	1,8	2,52	2,62
25	120	140,7	413,7	0,075	0,37499	2,06972	1,8	2,52	2,62
26	125	143,2	416,2	0,08809	0,44043	2,51015	1,8	2,52	2,62
27	130	145,3	418,3	0,10068	0,5034	3,01356	1,8	2,52	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>127</b>	<b>126</b>	<b>117</b>

**PRUEBA N°12**  
**FECHA: 29/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	127
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	83
Dureza	61

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	59	332	0,0001	0,00052	0,00052	1,8	2,32	2,62
2	5	48,6	321,6	3,5E-05	0,00018	0,00069	1,8	2,32	2,62
3	10	50,2	323,2	4,2E-05	0,00021	0,0009	1,8	2,32	2,62
4	15	55,3	328,3	7,1E-05	0,00035	0,00125	1,8	2,32	2,62
5	20	61,5	334,5	0,00013	0,00066	0,00191	1,8	2,32	2,62
6	25	68,3	341,3	0,00026	0,00128	0,00319	1,8	2,32	2,62
7	30	75,9	348,9	0,00052	0,00259	0,00579	1,8	2,32	2,62
8	35	81,9	354,9	0,00089	0,00444	0,01022	1,8	2,32	2,62
9	40	87,1	360,1	0,00139	0,00696	0,01719	1,8	2,32	2,62
10	45	92,3	365,3	0,00216	0,01079	0,02798	1,8	2,32	2,62
11	50	97,6	370,6	0,00333	0,01665	0,04463	1,8	2,32	2,62
12	55	102,2	375,2	0,0048	0,02402	0,06865	1,8	2,32	2,62
13	60	107,5	380,5	0,00725	0,03624	0,10489	1,8	2,32	2,62
14	65	110,9	383,9	0,00938	0,0469	0,1518	1,8	2,32	2,62
15	70	114,9	387,9	0,01263	0,06316	0,21496	1,8	2,32	2,62
16	75	119,3	392,3	0,0174	0,08701	0,30197	1,8	2,32	2,62
17	80	122,4	395,4	0,02172	0,10858	0,41055	1,8	2,32	2,62
18	85	125,5	398,5	0,027	0,13502	0,54557	1,8	2,32	2,62
19	90	128,7	401,7	0,0337	0,16849	0,71406	1,8	2,32	2,62
20	95	131,5	404,5	0,04079	0,20394	0,918	1,8	2,32	2,62
21	100	134	407	0,04826	0,2413	1,1593	1,8	2,32	2,62
22	105	136,8	409,8	0,05813	0,29063	1,44992	1,8	2,32	2,62
23	110	138,5	411,5	0,06499	0,32497	1,77489	1,8	2,32	2,62
24	115	141,1	414,1	0,07696	0,38482	2,15971	1,8	2,32	2,62
25	120	144	417	0,0927	0,46351	2,62321	1,8	2,32	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>120</b>	<b>117</b>	<b>111</b>



**PRUEBA N°13**  
**FECHA: 29/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	125
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	82
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	63,2	336,2	0,00016	0,00078	0,00078	1,8	2,32	2,62
2	5	60,5	333,5	0,00012	0,0006	0,00138	1,8	2,32	2,62
3	10	64	337	0,00017	0,00085	0,00223	1,8	2,32	2,62
4	15	69,1	342,1	0,00028	0,00138	0,00361	1,8	2,32	2,62
5	20	75,7	348,7	0,00051	0,00255	0,00615	1,8	2,32	2,62
6	25	80,9	353,9	0,00081	0,00406	0,01021	1,8	2,32	2,62
7	30	85,8	358,8	0,00125	0,00623	0,01644	1,8	2,32	2,62
8	35	93,2	366,2	0,00233	0,01163	0,02807	1,8	2,32	2,62
9	40	104,1	377,1	0,00557	0,02787	0,05594	1,8	2,32	2,62
10	45	112	385	0,01019	0,05094	0,10688	1,8	2,32	2,62
11	50	118,6	391,6	0,01655	0,08273	0,18961	1,8	2,32	2,62
12	55	123,2	396,2	0,02298	0,1149	0,30451	1,8	2,32	2,62
13	60	126,5	399,5	0,02895	0,14475	0,44926	1,8	2,32	2,62
14	65	129,3	402,3	0,03511	0,17557	0,62482	1,8	2,32	2,62
15	70	132,9	405,9	0,04483	0,22414	0,84897	1,8	2,32	2,62
16	75	136,5	409,5	0,05699	0,28493	1,13389	1,8	2,32	2,62
17	80	142,4	415,4	0,08368	0,41842	1,55231	1,8	2,32	2,62
18	85	144,2	417,2	0,09389	0,46945	2,02176	1,8	2,32	2,62
19	90	146,1	419,1	0,1059	0,52951	2,55127	1,8	2,32	2,62
20	95	147,3	420,3	0,1142	0,57102	3,12229	1,8	2,32	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>91</b>	<b>88</b>	<b>83</b>

**PRUEBA N°14**  
**FECHA: 30/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	121
T° amb. (°C)	15
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	75
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	68,2	341,2	0,00025	0,00127	0,00127	1,8	2,32	2,62
2	5	42	315	1,7E-05	8,5E-05	0,00135	1,8	2,32	2,62
3	10	45,4	318,4	2,5E-05	0,00012	0,00148	1,8	2,32	2,62
4	15	50,7	323,7	4,4E-05	0,00022	0,00169	1,8	2,32	2,62
5	20	56,2	329,2	7,8E-05	0,00039	0,00208	1,8	2,32	2,62
6	25	62,6	335,6	0,00015	0,00074	0,00282	1,8	2,32	2,62
7	30	69	342	0,00027	0,00137	0,00419	1,8	2,32	2,62
8	35	74,8	347,8	0,00047	0,00235	0,00653	1,8	2,32	2,62
9	40	81,3	354,3	0,00084	0,00421	0,01074	1,8	2,32	2,62
10	45	87,2	360,2	0,0014	0,00702	0,01776	1,8	2,32	2,62
11	50	92,6	365,6	0,00221	0,01106	0,02883	1,8	2,32	2,62
12	55	97,2	370,2	0,00322	0,01612	0,04495	1,8	2,32	2,62
13	60	102	375	0,00473	0,02365	0,06859	1,8	2,32	2,62
14	65	106,3	379,3	0,00661	0,03305	0,10165	1,8	2,32	2,62
15	70	110,8	383,8	0,00931	0,04655	0,1482	1,8	2,32	2,62
16	75	113,9	386,9	0,01173	0,05867	0,20687	1,8	2,32	2,62
17	80	118	391	0,01584	0,07921	0,28608	1,8	2,32	2,62
18	85	121,9	394,9	0,02096	0,10479	0,39087	1,8	2,32	2,62
19	90	124,5	397,5	0,02518	0,1259	0,51677	1,8	2,32	2,62
20	95	126	399	0,02796	0,13981	0,65658	1,8	2,32	2,62
21	100	130,2	403,2	0,03734	0,1867	0,84328	1,8	2,32	2,62
22	105	133	406	0,04513	0,22565	1,06893	1,8	2,32	2,62
23	110	137,6	410,6	0,06127	0,30634	1,37528	1,8	2,32	2,62
24	115	141,2	414,2	0,07746	0,38731	1,76259	1,8	2,32	2,62
25	120	144,8	417,8	0,09754	0,4877	2,25029	1,8	2,32	2,62
26	125	147,9	420,9	0,11858	0,59289	2,84317	1,8	2,32	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>123</b>	<b>121</b>	<b>116</b>

**PRUEBA N°15**  
**FECHA: 16/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	123
T° amb. (°C)	11
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	70
Dureza	57

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	$\Delta t$ reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	43,5	316,5	2E-05	0,0001	0,0001	1,8	2,52	2,62
2	5	48,8	321,8	3,6E-05	0,00018	0,00028	1,8	2,52	2,62
3	10	56,1	329,1	7,7E-05	0,00038	0,00066	1,8	2,52	2,62
4	15	60,7	333,7	0,00012	0,00061	0,00127	1,8	2,52	2,62
5	20	66,4	339,4	0,00021	0,00107	0,00234	1,8	2,52	2,62
6	25	73,2	346,2	0,0004	0,00202	0,00437	1,8	2,52	2,62
7	30	81,1	354,1	0,00083	0,00413	0,0085	1,8	2,52	2,62
8	35	91,4	364,4	0,002	0,01001	0,01851	1,8	2,52	2,62
9	40	97,5	370,5	0,0033	0,01652	0,03503	1,8	2,52	2,62
10	45	103,6	376,6	0,00536	0,02681	0,06184	1,8	2,52	2,62
11	50	110,7	383,7	0,00924	0,0462	0,10804	1,8	2,52	2,62
12	55	117,5	390,5	0,01528	0,07639	0,18443	1,8	2,52	2,62
13	60	123,8	396,8	0,02397	0,11986	0,30429	1,8	2,52	2,62
14	65	126,8	399,8	0,02956	0,14779	0,45209	1,8	2,52	2,62
15	70	130,7	403,7	0,03863	0,19316	0,64525	1,8	2,52	2,62
16	75	133,8	406,8	0,04762	0,23809	0,88334	1,8	2,52	2,62
17	80	135,2	408,2	0,05228	0,2614	1,14475	1,8	2,52	2,62
18	85	138,7	411,7	0,06585	0,32924	1,47399	1,8	2,52	2,62
19	90	141,8	414,8	0,08052	0,40259	1,87658	1,8	2,52	2,62
20	95	145,2	418,2	0,10005	0,50023	2,37681	1,8	2,52	2,62
21	100	148,1	421,1	0,12007	0,60034	2,97715	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	98	97	90

**PRUEBA N°16**  
**FECHA: 30/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	135
T° amb. (°C)	19
P° hidráulica (kg / cm²)	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	81
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	80,5	353,5	0,00078	0,00392	0,00392	1,8	2,52	2,62
2	5	61,1	334,1	0,00013	0,00064	0,00456	1,8	2,52	2,62
3	10	60,3	333,3	0,00012	0,00059	0,00514	1,8	2,52	2,62
4	15	63,5	336,5	0,00016	0,0008	0,00595	1,8	2,52	2,62
5	20	69,1	342,1	0,00028	0,00138	0,00733	1,8	2,52	2,62
6	25	74,8	347,8	0,00047	0,00235	0,00967	1,8	2,52	2,62
7	30	80,9	353,9	0,00081	0,00406	0,01374	1,8	2,52	2,62
8	35	87	360	0,00138	0,0069	0,02064	1,8	2,52	2,62
9	40	92,7	365,7	0,00223	0,01115	0,0318	1,8	2,52	2,62
10	45	97,8	370,8	0,00338	0,01692	0,04872	1,8	2,52	2,62
11	50	102,8	375,8	0,00504	0,02518	0,0739	1,8	2,52	2,62
12	55	108,2	381,2	0,00765	0,03823	0,11213	1,8	2,52	2,62
13	60	113,2	386,2	0,01114	0,0557	0,16783	1,8	2,52	2,62
14	65	117,8	390,8	0,01561	0,07807	0,2459	1,8	2,52	2,62
15	70	123,2	396,2	0,02298	0,1149	0,3608	1,8	2,52	2,62
16	75	125,7	398,7	0,02738	0,13692	0,49772	1,8	2,52	2,62
17	80	128,3	401,3	0,03278	0,16392	0,66164	1,8	2,52	2,62
18	85	131,5	404,5	0,04079	0,20394	0,86558	1,8	2,52	2,62
19	90	134,7	407,7	0,05057	0,25285	1,11842	1,8	2,52	2,62
20	95	138	411	0,0629	0,3145	1,43292	1,8	2,52	2,62
21	100	140,1	413,1	0,07214	0,36068	1,7936	1,8	2,52	2,62
22	105	142,4	415,4	0,08368	0,41842	2,21203	1,8	2,52	2,62
23	110	145,3	418,3	0,10068	0,5034	2,71543	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	110	109	101

**PRUEBA N°17**  
**FECHA: 29/09/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	133
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	83
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	54	327	6,2E-05	0,00031	0,00031	1,8	2,32	2,62
2	5	50,6	323,6	4,3E-05	0,00022	0,00053	1,8	2,32	2,62
3	10	45,2	318,2	2,4E-05	0,00012	0,00065	1,8	2,32	2,62
4	15	55,3	328,3	7,1E-05	0,00035	0,001	1,8	2,32	2,62
5	20	66,5	339,5	0,00022	0,00108	0,00208	1,8	2,32	2,62
6	25	74,3	347,3	0,00045	0,00224	0,00432	1,8	2,32	2,62
7	30	85,9	358,9	0,00126	0,00628	0,0106	1,8	2,32	2,62
8	35	93	366	0,00229	0,01144	0,02204	1,8	2,32	2,62
9	40	102,1	375,1	0,00477	0,02383	0,04587	1,8	2,32	2,62
10	45	113	386	0,01098	0,05488	0,10075	1,8	2,32	2,62
11	50	118,6	391,6	0,01655	0,08273	0,18348	1,8	2,32	2,62
12	55	123	396	0,02266	0,11329	0,29676	1,8	2,32	2,62
13	60	127,5	400,5	0,03103	0,15513	0,45189	1,8	2,32	2,62
14	65	133	406	0,04513	0,22565	0,67754	1,8	2,32	2,62
15	70	138,4	411,4	0,06457	0,32285	1,00039	1,8	2,32	2,62
16	75	142,3	415,3	0,08315	0,41574	1,41614	1,8	2,32	2,62
17	80	146,4	419,4	0,10792	0,53962	1,95575	1,8	2,32	2,62
18	85	149,9	422,9	0,1343	0,67148	2,62723	1,8	2,32	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	85	83	79

**PRUEBA N°18**  
**FECHA: 02/10/08**  
**ESPEJOR 100 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	132
T° amb. (°C)	18
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	135
T° preforma (°C)	71
Dureza	62

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	68	341	0,00025	0,00124	0,00124	1,8	2,52	2,62
2	5	41,7	314,7	1,6E-05	8,2E-05	0,00133	1,8	2,52	2,62
3	10	44,6	317,6	2,3E-05	0,00011	0,00144	1,8	2,52	2,62
4	15	48,6	321,6	3,5E-05	0,00018	0,00161	1,8	2,52	2,62
5	20	53,1	326,1	5,6E-05	0,00028	0,0019	1,8	2,52	2,62
6	25	56,6	329,6	8,1E-05	0,0004	0,0023	1,8	2,52	2,62
7	30	61,3	334,3	0,00013	0,00065	0,00295	1,8	2,52	2,62
8	35	71,2	344,2	0,00034	0,00168	0,00463	1,8	2,52	2,62
9	40	77,7	350,7	0,00061	0,00305	0,00768	1,8	2,52	2,62
10	45	82,7	355,7	0,00095	0,00476	0,01244	1,8	2,52	2,62
11	50	87,8	360,8	0,00148	0,00739	0,01983	1,8	2,52	2,62
12	55	93,6	366,6	0,0024	0,01202	0,03185	1,8	2,52	2,62
13	60	98,5	371,5	0,00358	0,0179	0,04975	1,8	2,52	2,62
14	65	103,5	376,5	0,00532	0,0266	0,07635	1,8	2,52	2,62
15	70	108	381	0,00753	0,03765	0,11401	1,8	2,52	2,62
16	75	113,9	386,9	0,01173	0,05867	0,17267	1,8	2,52	2,62
17	80	118,1	391,1	0,01596	0,07979	0,25246	1,8	2,52	2,62
18	85	123,4	396,4	0,02331	0,11653	0,36899	1,8	2,52	2,62
19	90	128,9	401,9	0,03416	0,17082	0,53981	1,8	2,52	2,62
20	95	132	405	0,04219	0,21095	0,75076	1,8	2,52	2,62
21	100	136,2	409,2	0,05587	0,27933	1,03009	1,8	2,52	2,62
22	105	142,4	415,4	0,08368	0,41842	1,44852	1,8	2,52	2,62
23	110	144,1	417,1	0,09329	0,46647	1,91499	1,8	2,52	2,62
24	115	147,5	420,5	0,11564	0,57822	2,49321	1,8	2,52	2,62
25	120	149,3	422,3	0,12939	0,64695	3,14016	1,8	2,52	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>116</b>	<b>115</b>	<b>110</b>

**PRUEBA N°19**  
**FECHA: 02/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	143
T° amb. (°C)	18
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	82
Dureza	62

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	71,3	344,3	0,00034	0,0017	0,0017	1,8	2,52	2,62
2	5	59,2	332,2	0,00011	0,00053	0,00222	1,8	2,52	2,62
3	10	63,9	336,9	0,00017	0,00084	0,00306	1,8	2,52	2,62
4	15	70,7	343,7	0,00032	0,0016	0,00466	1,8	2,52	2,62
5	20	80,8	353,8	0,00081	0,00403	0,00869	1,8	2,52	2,62
6	25	87,1	360,1	0,00139	0,00696	0,01565	1,8	2,52	2,62
7	30	93,5	366,5	0,00238	0,01192	0,02757	1,8	2,52	2,62
8	35	100,8	373,8	0,0043	0,02151	0,04908	1,8	2,52	2,62
9	40	106,8	379,8	0,00687	0,03435	0,08343	1,8	2,52	2,62
10	45	112,5	385,5	0,01057	0,05287	0,1363	1,8	2,52	2,62
11	50	117,4	390,4	0,01517	0,07584	0,21214	1,8	2,52	2,62
12	55	123,4	396,4	0,02331	0,11653	0,32867	1,8	2,52	2,62
13	60	128,6	401,6	0,03347	0,16734	0,49601	1,8	2,52	2,62
14	65	132,8	405,8	0,04453	0,22264	0,71865	1,8	2,52	2,62
15	70	135,4	408,4	0,05298	0,2649	0,98355	1,8	2,52	2,62
16	75	138,1	411,1	0,06331	0,31656	1,30011	1,8	2,52	2,62
17	80	141,5	414,5	0,07898	0,39488	1,69499	1,8	2,52	2,62
18	85	144,6	417,6	0,09631	0,48154	2,17654	1,8	2,52	2,62
19	90	146,9	419,9	0,11137	0,55686	2,7334	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	89	88	82

**PRUEBA N°20**  
**FECHA: 05/12/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	143
T° amb. (°C)	17
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	80
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	67,7	340,7	0,00024	0,00121	0,00121	1,8	2,42	2,62
2	5	60,4	333,4	0,00012	0,00059	0,0018	1,8	2,42	2,62
3	10	80	353	0,00075	0,00375	0,00555	1,8	2,42	2,62
4	15	96,1	369,1	0,00295	0,01475	0,0203	1,8	2,42	2,62
5	20	107,8	380,8	0,00742	0,03708	0,05738	1,8	2,42	2,62
6	25	116,1	389,1	0,0138	0,06898	0,12636	1,8	2,42	2,62
7	30	122,5	395,5	0,02187	0,10935	0,23571	1,8	2,42	2,62
8	35	127,6	400,6	0,03124	0,1562	0,39191	1,8	2,42	2,62
9	40	131,8	404,8	0,04162	0,20812	0,60003	1,8	2,42	2,62
10	45	135,4	408,4	0,05298	0,2649	0,86493	1,8	2,42	2,62
11	50	138,1	411,1	0,06331	0,31656	1,1815	1,8	2,42	2,62
12	55	140,3	413,3	0,07308	0,36539	1,54689	1,8	2,42	2,62
13	60	141,8	414,8	0,08052	0,40259	1,94948	1,8	2,42	2,62
14	65	143,1	416,1	0,08752	0,43762	2,3871	1,8	2,42	2,62
15	70	144,2	417,2	0,09389	0,46945	2,67825	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	69	67	60



**PRUEBA N°21**  
**FECHA: 03/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	123
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	53
Dureza	61

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	68,9	341,9	0,00027	0,00135	0,00135	1,8	2,52	2,62
2	5	65	338	0,00019	0,00093	0,00229	1,8	2,52	2,62
3	10	66,3	339,3	0,00021	0,00106	0,00334	1,8	2,52	2,62
4	15	70,4	343,4	0,00031	0,00156	0,0049	1,8	2,52	2,62
5	20	73,4	346,4	0,00041	0,00206	0,00696	1,8	2,52	2,62
6	25	78,8	351,8	0,00067	0,00337	0,01033	1,8	2,52	2,62
7	30	84,4	357,4	0,0011	0,00552	0,01585	1,8	2,52	2,62
8	35	90,1	363,1	0,0018	0,00898	0,02483	1,8	2,52	2,62
9	40	93,7	366,7	0,00242	0,01212	0,03695	1,8	2,52	2,62
10	45	97,5	370,5	0,0033	0,01652	0,05347	1,8	2,52	2,62
11	50	102,1	375,1	0,00477	0,02383	0,0773	1,8	2,52	2,62
12	55	107,7	380,7	0,00736	0,0368	0,1141	1,8	2,52	2,62
13	60	112	385	0,01019	0,05094	0,16504	1,8	2,52	2,62
14	65	117,4	390,4	0,01517	0,07584	0,24087	1,8	2,52	2,62
15	70	118,9	391,9	0,01691	0,08454	0,32541	1,8	2,52	2,62
16	75	121,6	394,6	0,02052	0,10258	0,42799	1,8	2,52	2,62
17	80	125,8	398,8	0,02757	0,13787	0,56587	1,8	2,52	2,62
18	85	129	402	0,0344	0,172	0,73786	1,8	2,52	2,62
19	90	131,8	404,8	0,04162	0,20812	0,94598	1,8	2,52	2,62
20	95	135,6	408,6	0,05369	0,26844	1,21443	1,8	2,52	2,62
21	100	139,6	412,6	0,06983	0,34915	1,56358	1,8	2,52	2,62
22	105	144,5	417,5	0,0957	0,47849	2,04207	1,8	2,52	2,62
23	110	147,5	420,5	0,11564	0,57822	2,62029	1,8	2,52	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>110</b>	<b>109</b>	<b>103</b>

**PRUEBA N°22**  
**FECHA: 03/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	125
T° amb. (°C)	15
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	71
Dureza	61

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	48,3	321,3	3,4E-05	0,00017	0,00017	1,8	2,52	2,62
2	5	66,5	339,5	0,00022	0,00108	0,00125	1,8	2,52	2,62
3	10	72	345	0,00036	0,00181	0,00306	1,8	2,52	2,62
4	15	77,4	350,4	0,00059	0,00297	0,00603	1,8	2,52	2,62
5	20	82,5	355,5	0,00094	0,00468	0,01071	1,8	2,52	2,62
6	25	88,3	361,3	0,00154	0,00771	0,01842	1,8	2,52	2,62
7	30	92,9	365,9	0,00227	0,01134	0,02976	1,8	2,52	2,62
8	35	97,6	370,6	0,00333	0,01665	0,04641	1,8	2,52	2,62
9	40	102,1	375,1	0,00477	0,02383	0,07024	1,8	2,52	2,62
10	45	106,8	379,8	0,00687	0,03435	0,10459	1,8	2,52	2,62
11	50	111,5	384,5	0,00981	0,04906	0,15366	1,8	2,52	2,62
12	55	114,9	387,9	0,01263	0,06316	0,21682	1,8	2,52	2,62
13	60	118,5	391,5	0,01643	0,08213	0,29895	1,8	2,52	2,62
14	65	121,7	394,7	0,02066	0,10331	0,40227	1,8	2,52	2,62
15	70	124,8	397,8	0,02571	0,12857	0,53084	1,8	2,52	2,62
16	75	127,6	400,6	0,03124	0,1562	0,68704	1,8	2,52	2,62
17	80	130,4	403,4	0,03785	0,18926	0,8763	1,8	2,52	2,62
18	85	133,6	406,6	0,04699	0,23493	1,11123	1,8	2,52	2,62
19	90	136,8	409,8	0,05813	0,29063	1,40185	1,8	2,52	2,62
20	95	139,4	412,4	0,06893	0,34463	1,74649	1,8	2,52	2,62
21	100	142,5	415,5	0,08422	0,42112	2,1676	1,8	2,52	2,62
22	105	145,3	418,3	0,10068	0,5034	2,67101	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	105	104	96

**PRUEBA N°23**  
**FECHA: 03/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	126
T° amb. (°C)	18
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	71
Dureza	61

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	67,8	340,8	0,00024	0,00122	0,00122	1,8	2,52	2,62
2	5	57,4	330,4	8,8E-05	0,00044	0,00166	1,8	2,52	2,62
3	10	72,6	345,6	0,00038	0,00192	0,00357	1,8	2,52	2,62
4	15	83,4	356,4	0,00101	0,00506	0,00863	1,8	2,52	2,62
5	20	93,6	366,6	0,0024	0,01202	0,02065	1,8	2,52	2,62
6	25	102,1	375,1	0,00477	0,02383	0,04448	1,8	2,52	2,62
7	30	109,1	382,1	0,00819	0,04094	0,08542	1,8	2,52	2,62
8	35	114,5	387,5	0,01227	0,06133	0,14675	1,8	2,52	2,62
9	40	119,2	392,2	0,01728	0,08639	0,23314	1,8	2,52	2,62
10	45	123,5	396,5	0,02347	0,11735	0,35049	1,8	2,52	2,62
11	50	126,7	399,7	0,02935	0,14677	0,49727	1,8	2,52	2,62
12	55	129,9	402,9	0,03658	0,18292	0,68018	1,8	2,52	2,62
13	60	133,1	406,1	0,04543	0,22717	0,90736	1,8	2,52	2,62
14	65	135	408	0,05159	0,25795	1,16531	1,8	2,52	2,62
15	70	137,2	410,2	0,05968	0,29839	1,4637	1,8	2,52	2,62
16	75	140,6	413,6	0,07451	0,37257	1,83627	1,8	2,52	2,62
17	80	143,5	416,5	0,08979	0,44896	2,28522	1,8	2,52	2,62
18	85	145	418	0,09879	0,49393	2,77915	1,8	2,52	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	84	83	75

**PRUEBA N°24**  
**FECHA: 04/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	135
T° amb. (°C)	17
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	85
Dureza	59

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCl	prom	LCS
1	0	68,9	341,9	0,00027	0,00135	0,00135	1,8	2,32	2,62
2	5	65	338	0,00019	0,00093	0,00229	1,8	2,32	2,62
3	10	73,3	346,3	0,00041	0,00204	0,00433	1,8	2,32	2,62
4	15	77,4	350,4	0,00059	0,00297	0,0073	1,8	2,32	2,62
5	20	80,4	307,3	1,2E-58	5,8E-58	0,0073	1,8	2,32	2,62
6	25	85,8	358,8	0,00125	0,00623	0,01353	1,8	2,32	2,62
7	30	91,4	364,4	0,002	0,01001	0,02354	1,8	2,32	2,62
8	35	97,1	370,1	0,0032	0,01599	0,03953	1,8	2,32	2,62
9	40	100,9	373,9	0,00434	0,02168	0,06121	1,8	2,32	2,62
10	45	105,5	378,5	0,00621	0,03107	0,09229	1,8	2,32	2,62
11	50	110,5	383,5	0,0091	0,04551	0,1378	1,8	2,32	2,62
12	55	115,7	388,7	0,0134	0,06699	0,20479	1,8	2,32	2,62
13	60	120,2	393,2	0,01856	0,09282	0,29761	1,8	2,32	2,62
14	65	125,6	398,6	0,02719	0,13597	0,43357	1,8	2,32	2,62
15	70	130,9	403,9	0,03916	0,19581	0,62938	1,8	2,32	2,62
16	75	134,8	407,8	0,05091	0,25454	0,88392	1,8	2,32	2,62
17	80	138,8	411,8	0,06628	0,3314	1,21532	1,8	2,32	2,62
18	85	141,6	414,6	0,07949	0,39743	1,61275	1,8	2,32	2,62
19	90	144,8	417,8	0,09754	0,4877	2,10045	1,8	2,32	2,62
20	95	146,7	419,7	0,10998	0,5499	2,65035	1,8	2,32	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCl
	95	92	87

**PRUEBA N°25**  
**FECHA: 04/10/08**  
**ESPELOR 85 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	135
T° amb. (°C)	19
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	80
Dureza	59

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	69,2	342,2	0,00028	0,00139	0,00139	1,8	2,32	2,62
2	5	80,6	353,6	0,00079	0,00396	0,00535	1,8	2,32	2,62
3	10	90,3	363,3	0,00183	0,00913	0,01448	1,8	2,32	2,62
4	15	98,7	371,7	0,00364	0,01819	0,03267	1,8	2,32	2,62
5	20	105,9	370,3	1,2E-58	5,8E-58	0,03267	1,8	2,32	2,62
6	25	112,8	385,8	0,01081	0,05407	0,08674	1,8	2,32	2,62
7	30	119,3	392,3	0,0174	0,08701	0,17375	1,8	2,32	2,62
8	35	123,9	396,9	0,02414	0,12071	0,29446	1,8	2,32	2,62
9	40	126,2	399,2	0,02835	0,14177	0,43622	1,8	2,32	2,62
10	45	130,7	403,7	0,03863	0,19316	0,62938	1,8	2,32	2,62
11	50	133	406	0,04513	0,22565	0,85504	1,8	2,32	2,62
12	55	135,6	408,6	0,05369	0,26844	1,12348	1,8	2,32	2,62
13	60	138,2	411,2	0,06373	0,31865	1,44213	1,8	2,32	2,62
14	65	140,4	413,4	0,07355	0,36777	1,8099	1,8	2,32	2,62
15	70	142,6	415,6	0,08477	0,42383	2,23372	1,8	2,32	2,62
16	75	145,7	418,7	0,10326	0,5163	2,75003	1,8	2,32	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	74	71	65

**PRUEBA N°26**  
**FECHA: 04/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	135
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	70
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	52,9	325,9	5,5E-05	0,00028	0,00028	1,8	2,32	2,62
2	5	51,2	324,2	4,6E-05	0,00023	0,00051	1,8	2,32	2,62
3	10	60,8	333,8	0,00012	0,00062	0,00112	1,8	2,32	2,62
4	15	71,2	344,2	0,00034	0,00168	0,0028	1,8	2,32	2,62
5	20	80,7	307,3	1,2E-58	5,8E-58	0,0028	1,8	2,32	2,62
6	25	88,7	361,7	0,0016	0,00798	0,01078	1,8	2,32	2,62
7	30	96,2	369,2	0,00297	0,01487	0,02565	1,8	2,32	2,62
8	35	102,5	375,5	0,00492	0,02459	0,05024	1,8	2,32	2,62
9	40	108,6	381,6	0,00788	0,03942	0,08966	1,8	2,32	2,62
10	45	112,9	385,9	0,01089	0,05447	0,14413	1,8	2,32	2,62
11	50	117,1	390,1	0,01484	0,0742	0,21833	1,8	2,32	2,62
12	55	121,3	394,3	0,02008	0,10041	0,31875	1,8	2,32	2,62
13	60	124,6	397,6	0,02536	0,12679	0,44553	1,8	2,32	2,62
14	65	127,1	400,1	0,03018	0,1509	0,59643	1,8	2,32	2,62
15	70	128,9	401,9	0,03416	0,17082	0,76725	1,8	2,32	2,62
16	75	133,7	406,7	0,0473	0,2365	1,00375	1,8	2,32	2,62
17	80	135,6	408,6	0,05369	0,26844	1,2722	1,8	2,32	2,62
18	85	137,4	410,4	0,06047	0,30234	1,57454	1,8	2,32	2,62
19	90	139,5	412,5	0,06938	0,34688	1,92142	1,8	2,32	2,62
20	95	142,5	415,5	0,08422	0,42112	2,34254	1,8	2,32	2,62
21	100	147,3	420,3	0,1142	0,57102	2,91356	1,8	2,32	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>98</b>	<b>95</b>	<b>89</b>

**PRUEBA N°27**  
**FECHA: 04/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	136
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	72
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	71,2	344,2	0,00034	0,00168	0,00168	1,8	2,32	2,62
2	5	77,1	350,1	0,00058	0,00289	0,00457	1,8	2,32	2,62
3	10	83,8	356,8	0,00105	0,00524	0,00981	1,8	2,32	2,62
4	15	90,1	363,1	0,0018	0,00898	0,01879	1,8	2,32	2,62
5	20	96,4	370,3	1,2E-58	5,8E-58	0,01879	1,8	2,32	2,62
6	25	100,5	373,5	0,0042	0,021	0,03979	1,8	2,32	2,62
7	30	107,5	380,5	0,00725	0,03624	0,07604	1,8	2,32	2,62
8	35	114,3	387,3	0,01209	0,06043	0,13646	1,8	2,32	2,62
9	40	119,7	392,7	0,01791	0,08955	0,22601	1,8	2,32	2,62
10	45	124,1	397,1	0,02448	0,12241	0,34843	1,8	2,32	2,62
11	50	128,6	401,6	0,03347	0,16734	0,51577	1,8	2,32	2,62
12	55	132,5	405,5	0,04364	0,21819	0,73396	1,8	2,32	2,62
13	60	136,3	409,3	0,05624	0,28118	1,01514	1,8	2,32	2,62
14	65	139,8	412,8	0,07074	0,35372	1,36886	1,8	2,32	2,62
15	70	142,8	415,8	0,08586	0,4293	1,79816	1,8	2,32	2,62
16	75	146,1	419,1	0,1059	0,52951	2,32767	1,8	2,32	2,62
17	80	148,9	421,9	0,12621	0,63105	2,95872	1,8	2,32	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	78	75	71

**PRUEBA N°28**  
**FECHA: 05/12/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	133
T° amb. (°C)	17
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	180
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	53
Dureza	59

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	52,4	325,4	5,2E-05	0,00026	0,00026	1,8	2,42	2,62
2	5	49,9	322,9	4E-05	0,0002	0,00046	1,8	2,42	2,62
3	10	53,8	326,8	6,1E-05	0,0003	0,00077	1,8	2,42	2,62
4	15	58,2	331,2	9,5E-05	0,00048	0,00124	1,8	2,42	2,62
5	20	66,2	339,2	0,00021	0,00105	0,00229	1,8	2,42	2,62
6	25	72,3	345,3	0,00037	0,00186	0,00415	1,8	2,42	2,62
7	30	78	351	0,00063	0,00314	0,00729	1,8	2,42	2,62
8	35	84,2	357,2	0,00108	0,00542	0,01271	1,8	2,42	2,62
9	40	89	362	0,00164	0,00818	0,0209	1,8	2,42	2,62
10	45	94,1	367,1	0,0025	0,01252	0,03342	1,8	2,42	2,62
11	50	99,8	372,8	0,00397	0,01986	0,05328	1,8	2,42	2,62
12	55	105,7	378,7	0,00631	0,03156	0,08484	1,8	2,42	2,62
13	60	111,6	384,6	0,00989	0,04943	0,13427	1,8	2,42	2,62
14	65	116,1	389,1	0,0138	0,06898	0,20325	1,8	2,42	2,62
15	70	120,4	393,4	0,01883	0,09416	0,29741	1,8	2,42	2,62
16	75	125,1	398,1	0,02626	0,1313	0,42871	1,8	2,42	2,62
17	80	129,8	402,8	0,03633	0,18167	0,61039	1,8	2,42	2,62
18	85	133	406	0,04513	0,22565	0,83604	1,8	2,42	2,62
19	90	136,8	409,8	0,05813	0,29063	1,12666	1,8	2,42	2,62
20	95	139,7	412,7	0,07029	0,35143	1,47809	1,8	2,42	2,62
21	100	143,9	416,9	0,09211	0,46056	1,93866	1,8	2,42	2,62
22	105	147,2	420,2	0,11349	0,56745	2,50611	1,8	2,42	2,62
23	110	148,9	421,9	0,12621	0,63105	3,13716	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	106	104	99



**PRUEBA N°29**  
**FECHA: 12/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	120
T° amb. (°C)	17
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	80
Dureza	62

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	65,6	338,6	0,0002	0,00099	0,00099	1,8	2,42	2,62
2	5	61,8	334,8	0,00014	0,00068	0,00167	1,8	2,42	2,62
3	10	63,2	336,2	0,00016	0,00078	0,00245	1,8	2,42	2,62
4	15	67,7	340,7	0,00024	0,00121	0,00366	1,8	2,42	2,62
5	20	73,3	346,3	0,00041	0,00204	0,0057	1,8	2,42	2,62
6	25	78,8	351,8	0,00067	0,00337	0,00907	1,8	2,42	2,62
7	30	85,6	358,6	0,00122	0,00612	0,01519	1,8	2,42	2,62
8	35	91,5	364,5	0,00202	0,0101	0,02529	1,8	2,42	2,62
9	40	97,4	370,4	0,00328	0,01638	0,04167	1,8	2,42	2,62
10	45	103,2	376,2	0,0052	0,02598	0,06766	1,8	2,42	2,62
11	50	108,7	381,7	0,00794	0,03972	0,10737	1,8	2,42	2,62
12	55	114,5	387,5	0,01227	0,06133	0,1687	1,8	2,42	2,62
13	60	118,5	391,5	0,01643	0,08213	0,25083	1,8	2,42	2,62
14	65	123	396	0,02266	0,11329	0,36412	1,8	2,42	2,62
15	70	127,1	400,1	0,03018	0,1509	0,51502	1,8	2,42	2,62
16	75	129,2	402,2	0,03487	0,17437	0,68939	1,8	2,42	2,62
17	80	133,2	406,2	0,04574	0,22871	0,91809	1,8	2,42	2,62
18	85	137,8	410,8	0,06208	0,3104	1,22849	1,8	2,42	2,62
19	90	141,2	414,2	0,07746	0,38731	1,6158	1,8	2,42	2,62
20	95	144,2	417,2	0,09389	0,46945	2,08525	1,8	2,42	2,62
21	100	146,7	419,7	0,10998	0,5499	2,63515	1,8	2,42	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>100</b>	<b>99</b>	<b>92</b>

**PRUEBA N°30**  
**FECHA: 12/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	127
T° amb. (°C)	17
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	80
Dureza	62

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	69,8	342,8	0,00029	0,00147	0,00147	1,8	2,42	2,62
2	5	76,4	349,4	0,00054	0,00271	0,00419	1,8	2,42	2,62
3	10	83,4	356,4	0,00101	0,00506	0,00925	1,8	2,42	2,62
4	15	89,7	362,7	0,00174	0,00868	0,01793	1,8	2,42	2,62
5	20	96,1	369,1	0,00295	0,01475	0,03268	1,8	2,42	2,62
6	25	100,6	373,6	0,00423	0,02117	0,05384	1,8	2,42	2,62
7	30	107,3	380,3	0,00714	0,03569	0,08954	1,8	2,42	2,62
8	35	114,2	387,2	0,012	0,05998	0,14952	1,8	2,42	2,62
9	40	119,1	392,1	0,01715	0,08577	0,23529	1,8	2,42	2,62
10	45	123,9	396,9	0,02414	0,12071	0,35599	1,8	2,42	2,62
11	50	128,5	401,5	0,03324	0,16619	0,52219	1,8	2,42	2,62
12	55	132,3	405,3	0,04305	0,21527	0,73745	1,8	2,42	2,62
13	60	135,2	408,2	0,05228	0,2614	0,99886	1,8	2,42	2,62
14	65	138	411	0,0629	0,3145	1,31335	1,8	2,42	2,62
15	70	140,7	413,7	0,075	0,37499	1,68834	1,8	2,42	2,62
16	75	143,2	416,2	0,08809	0,44043	2,12877	1,8	2,42	2,62
17	80	147,8	420,8	0,11784	0,58919	2,71796	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	80	78	71

**PRUEBA N°31**  
**FECHA: 23/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	126
T° amb. (°C)	12
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	180
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	52
Dureza	59

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	51,3	324,3	4,7E-05	0,00023	0,00023	1,8	2,42	2,62
2	5	43,3	316,3	2E-05	9,8E-05	0,00033	1,8	2,42	2,62
3	10	58,3	331,3	9,6E-05	0,00048	0,00081	1,8	2,42	2,62
4	15	73,5	346,5	0,00042	0,00208	0,00289	1,8	2,42	2,62
5	20	87,5	360,5	0,00144	0,00721	0,0101	1,8	2,42	2,62
6	25	99,1	372,1	0,00376	0,01878	0,02888	1,8	2,42	2,62
7	30	106,9	379,9	0,00692	0,03461	0,0635	1,8	2,42	2,62
8	35	111,9	384,9	0,01011	0,05056	0,11405	1,8	2,42	2,62
9	40	115,3	388,3	0,01301	0,06505	0,1791	1,8	2,42	2,62
10	45	120,2	393,2	0,01856	0,09282	0,27192	1,8	2,42	2,62
11	50	123,1	396,1	0,02282	0,11409	0,38601	1,8	2,42	2,62
12	55	125,8	398,8	0,02757	0,13787	0,52388	1,8	2,42	2,62
13	60	128,3	401,3	0,03278	0,16392	0,68781	1,8	2,42	2,62
14	65	130,2	403,2	0,03734	0,1867	0,87451	1,8	2,42	2,62
15	70	132,8	405,8	0,04453	0,22264	1,09715	1,8	2,42	2,62
16	75	135,1	408,1	0,05193	0,25967	1,35682	1,8	2,42	2,62
17	80	137,2	410,2	0,05968	0,29839	1,65521	1,8	2,42	2,62
18	85	142,1	415,1	0,08209	0,41043	2,06564	1,8	2,42	2,62
19	90	143,9	416,9	0,09211	0,46056	2,52621	1,8	2,42	2,62
20	95	145,7	418,7	0,10326	0,5163	3,04251	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	91	89	82

**PRUEBA N°32**  
**FECHA: 23/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	135
T° amb. (°C)	12
P° hidraulica (kg / cm <sup>2</sup> )	160
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	45
Dureza	62

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	37,3	310,3	1E-05	5E-05	5E-05	1,8	2,39	2,62
2	5	38,9	311,9	1,2E-05	6E-05	0,00011	1,8	2,39	2,62
3	10	48,5	321,5	3,5E-05	0,00017	0,00028	1,8	2,39	2,62
4	15	58,8	331,8	0,0001	0,0005	0,00079	1,8	2,39	2,62
5	20	67,4	340,4	0,00023	0,00117	0,00196	1,8	2,39	2,62
6	25	76,2	349,2	0,00053	0,00267	0,00463	1,8	2,39	2,62
7	30	85,3	358,3	0,00119	0,00597	0,01059	1,8	2,39	2,62
8	35	94,1	367,1	0,0025	0,01252	0,02312	1,8	2,39	2,62
9	40	103,8	376,8	0,00545	0,02723	0,05035	1,8	2,39	2,62
10	45	112,8	385,8	0,01081	0,05407	0,10441	1,8	2,39	2,62
11	50	118,5	391,5	0,01643	0,08213	0,18655	1,8	2,39	2,62
12	55	123,3	396,3	0,02314	0,11571	0,30226	1,8	2,39	2,62
13	60	127,6	400,6	0,03124	0,1562	0,45846	1,8	2,39	2,62
14	65	131,3	404,3	0,04024	0,20119	0,65965	1,8	2,39	2,62
15	70	136,8	409,8	0,05813	0,29063	0,95028	1,8	2,39	2,62
16	75	141	414	0,07647	0,38234	1,33261	1,8	2,39	2,62
17	80	144,1	417,1	0,09329	0,46647	1,79908	1,8	2,39	2,62
18	85	147,2	420,2	0,11349	0,56745	2,36653	1,8	2,39	2,62
19	90	148,9	421,9	0,12621	0,63105	3,00561	1,8	2,39	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	87	86	80

**PRUEBA N°33**  
**FECHA: 23/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	143
T° amb. (°C)	15
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	180
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	70
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	62,4	335,4	0,00014	0,00072	0,00072	1,8	2,42	2,62
2	5	61,3	334,3	0,00013	0,00065	0,00137	1,8	2,42	2,62
3	10	72,5	345,5	0,00038	0,0019	0,00327	1,8	2,42	2,62
4	15	78,9	351,9	0,00068	0,0034	0,00667	1,8	2,42	2,62
5	20	87,9	360,9	0,00149	0,00746	0,01412	1,8	2,42	2,62
6	25	95,8	368,8	0,00288	0,01439	0,02851	1,8	2,42	2,62
7	30	104,1	377,1	0,00557	0,02787	0,05639	1,8	2,42	2,62
8	35	111,2	384,2	0,00959	0,04797	0,10436	1,8	2,42	2,62
9	40	117,1	390,1	0,01484	0,0742	0,17856	1,8	2,42	2,62
10	45	122,5	395,5	0,02187	0,10935	0,28791	1,8	2,42	2,62
11	50	128,2	401,2	0,03256	0,1628	0,45071	1,8	2,42	2,62
12	55	133,7	406,7	0,0473	0,2365	0,68722	1,8	2,42	2,62
13	60	138,6	411,6	0,06542	0,3271	1,01432	1,8	2,42	2,62
14	65	143,1	416,1	0,08752	0,43762	1,45194	1,8	2,42	2,62
15	70	146,2	419,2	0,10657	0,53286	1,9848	1,8	2,42	2,62
16	75	149,5	422,5	0,13101	0,65503	2,63983	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	75	74	69

**PRUEBA N°34**  
**FECHA: 23/10/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	145
T° amb. (°C)	18
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	62
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	55,2	328,2	7E-05	0,00035	0,00035	1,8	2,42	2,62
2	5	62,7	335,7	0,00015	0,00074	0,00109	1,8	2,42	2,62
3	10	69,5	342,5	0,00029	0,00143	0,00253	1,8	2,42	2,62
4	15	75,3	348,3	0,00049	0,00246	0,00498	1,8	2,42	2,62
5	20	80,2	353,2	0,00076	0,00382	0,0088	1,8	2,42	2,62
6	25	86,8	359,8	0,00136	0,00679	0,01559	1,8	2,42	2,62
7	30	91,7	364,7	0,00205	0,01027	0,02585	1,8	2,42	2,62
8	35	96,8	369,8	0,00312	0,01561	0,04146	1,8	2,42	2,62
9	40	100,9	373,9	0,00434	0,02168	0,06314	1,8	2,42	2,62
10	45	107,3	380,3	0,00714	0,03569	0,09883	1,8	2,42	2,62
11	50	112,4	385,4	0,0105	0,05248	0,15131	1,8	2,42	2,62
12	55	117,2	390,2	0,01495	0,07474	0,22605	1,8	2,42	2,62
13	60	122,1	395,1	0,02126	0,10629	0,33235	1,8	2,42	2,62
14	65	126,9	399,9	0,02976	0,14882	0,48117	1,8	2,42	2,62
15	70	131,4	404,4	0,04051	0,20256	0,68373	1,8	2,42	2,62
16	75	135,5	408,5	0,05333	0,26667	0,95039	1,8	2,42	2,62
17	80	139,2	412,2	0,06803	0,34017	1,29056	1,8	2,42	2,62
18	85	142,1	415,1	0,08209	0,41043	1,701	1,8	2,42	2,62
19	90	144,8	417,8	0,09754	0,4877	2,1887	1,8	2,42	2,62
20	95	146,5	419,5	0,10861	0,54303	2,73172	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	94	93	87

**PRUEBA N°35**  
**FECHA: 03/11/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	144
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	180
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	51
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	54	327	6,2E-05	0,00031	0,00031	1,8	2,39	2,62
2	5	50,2	323,2	4,2E-05	0,00021	0,00052	1,8	2,39	2,62
3	10	60,1	333,1	0,00012	0,00058	0,00109	1,8	2,39	2,62
4	15	72	345	0,00036	0,00181	0,0029	1,8	2,39	2,62
5	20	83,5	356,5	0,00102	0,0051	0,00801	1,8	2,39	2,62
6	25	93,5	366,5	0,00238	0,01192	0,01993	1,8	2,39	2,62
7	30	102,3	375,3	0,00484	0,02421	0,04414	1,8	2,39	2,62
8	35	109,9	382,9	0,0087	0,0435	0,08764	1,8	2,39	2,62
9	40	116,3	389,3	0,014	0,06999	0,15763	1,8	2,39	2,62
10	45	121,5	394,5	0,02037	0,10185	0,25948	1,8	2,39	2,62
11	50	126,2	399,2	0,02835	0,14177	0,40125	1,8	2,39	2,62
12	55	130,3	403,3	0,0376	0,18798	0,58922	1,8	2,39	2,62
13	60	133,8	406,8	0,04762	0,23809	0,82732	1,8	2,39	2,62
14	65	137,2	410,2	0,05968	0,29839	1,12571	1,8	2,39	2,62
15	70	140,1	413,1	0,07214	0,36068	1,48639	1,8	2,39	2,62
16	75	142,7	415,7	0,08531	0,42655	1,91294	1,8	2,39	2,62
17	80	144	417	0,0927	0,46351	2,37645	1,8	2,39	2,62
18	85	147	420	0,11207	0,56037	2,93682	1,8	2,39	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	83	81	74

**PRUEBA N°36**  
**FECHA: 04/11/08**  
**ESPEJOR 85 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	144
T° amb. (°C)	18
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	52
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	42,3	315,3	1,8E-05	8,8E-05	8,8E-05	1,8	2,39	2,62
2	5	59,5	332,5	0,00011	0,00054	0,00063	1,8	2,39	2,62
3	10	68,5	341,5	0,00026	0,0013	0,00193	1,8	2,39	2,62
4	15	76,4	349,4	0,00054	0,00271	0,00465	1,8	2,39	2,62
5	20	82,6	355,6	0,00094	0,00472	0,00937	1,8	2,39	2,62
6	25	88,5	361,5	0,00157	0,00785	0,01721	1,8	2,39	2,62
7	30	92,9	365,9	0,00227	0,01134	0,02855	1,8	2,39	2,62
8	35	97,4	370,4	0,00328	0,01638	0,04494	1,8	2,39	2,62
9	40	102,7	375,7	0,005	0,02498	0,06992	1,8	2,39	2,62
10	45	106,3	379,3	0,00661	0,03305	0,10297	1,8	2,39	2,62
11	50	111,7	384,7	0,00996	0,04981	0,15278	1,8	2,39	2,62
12	55	114,5	387,5	0,01227	0,06133	0,21411	1,8	2,39	2,62
13	60	118,6	391,6	0,01655	0,08273	0,29683	1,8	2,39	2,62
14	65	121,4	394,4	0,02023	0,10113	0,39796	1,8	2,39	2,62
15	70	124,8	397,8	0,02571	0,12857	0,52654	1,8	2,39	2,62
16	75	127,3	400,3	0,0306	0,153	0,67954	1,8	2,39	2,62
17	80	130,8	403,8	0,0389	0,19448	0,87402	1,8	2,39	2,62
18	85	134,2	407,2	0,04891	0,24455	1,11857	1,8	2,39	2,62
19	90	137,5	410,5	0,06087	0,30434	1,4229	1,8	2,39	2,62
20	95	141,4	414,4	0,07847	0,39234	1,81525	1,8	2,39	2,62
21	100	144,1	417,1	0,09329	0,46647	2,28172	1,8	2,39	2,62
22	105	147,1	420,1	0,11278	0,5639	2,84562	1,8	2,39	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	103	101	95



**PRUEBA N°37**  
**FECHA: 04/11/08**  
**ESPELOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	125
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm²)	180
Tpo de vulc.(min)	115
T° preforma (°C)	72
Dureza	61

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	65	338	0,00019	0,00093	0,00093	1,8	2,39	2,62
2	5	53,1	326,1	5,6E-05	0,00028	0,00121	1,8	2,39	2,62
3	10	58,5	331,5	9,8E-05	0,00049	0,0017	1,8	2,39	2,62
4	15	66,7	339,7	0,00022	0,0011	0,0028	1,8	2,39	2,62
5	20	75,3	348,3	0,00049	0,00246	0,00526	1,8	2,39	2,62
6	25	83,3	356,3	0,001	0,00502	0,01027	1,8	2,39	2,62
7	30	90,8	363,8	0,0019	0,00952	0,01979	1,8	2,39	2,62
8	35	97,8	370,8	0,00338	0,01692	0,03672	1,8	2,39	2,62
9	40	104,7	377,7	0,00584	0,02921	0,06592	1,8	2,39	2,62
10	45	111,1	384,1	0,00952	0,04761	0,11354	1,8	2,39	2,62
11	50	116,7	389,7	0,01441	0,07207	0,18561	1,8	2,39	2,62
12	55	121,9	394,9	0,02096	0,10479	0,2904	1,8	2,39	2,62
13	60	126,6	399,6	0,02915	0,14576	0,43616	1,8	2,39	2,62
14	65	130,8	403,8	0,0389	0,19448	0,63064	1,8	2,39	2,62
15	70	134,7	407,7	0,05057	0,25285	0,88348	1,8	2,39	2,62
16	75	138,2	411,2	0,06373	0,31865	1,20213	1,8	2,39	2,62
17	80	141,3	414,3	0,07796	0,38982	1,59195	1,8	2,39	2,62
18	85	144,5	417,5	0,0957	0,47849	2,07044	1,8	2,39	2,62
19	90	147,6	420,6	0,11637	0,58186	2,6523	1,8	2,39	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	90	88	83

**PRUEBA N°38**  
**FECHA: 04/11/08**  
**ESPESOR 70 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	126
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	71
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	58,9	331,9	0,0001	0,00051	0,00051	1,8	2,42	2,62
2	5	53,1	326,1	5,6E-05	0,00028	0,00079	1,8	2,42	2,62
3	10	60,5	333,5	0,00012	0,0006	0,00139	1,8	2,42	2,62
4	15	71,4	344,4	0,00034	0,00171	0,0031	1,8	2,42	2,62
5	20	80,8	353,8	0,00081	0,00403	0,00713	1,8	2,42	2,62
6	25	92,9	365,9	0,00227	0,01134	0,01847	1,8	2,42	2,62
7	30	101,8	374,8	0,00466	0,02328	0,04175	1,8	2,42	2,62
8	35	109,7	382,7	0,00857	0,04285	0,08459	1,8	2,42	2,62
9	40	117,2	390,2	0,01495	0,07474	0,15934	1,8	2,42	2,62
10	45	124,5	397,5	0,02518	0,1259	0,28524	1,8	2,42	2,62
11	50	131,8	404,8	0,04162	0,20812	0,49335	1,8	2,42	2,62
12	55	136,9	409,9	0,05851	0,29255	0,7859	1,8	2,42	2,62
13	60	140,7	413,7	0,075	0,37499	1,16089	1,8	2,42	2,62
14	65	144,9	417,9	0,09816	0,4908	1,65169	1,8	2,42	2,62
15	70	148,8	421,8	0,12543	0,62714	2,27883	1,8	2,42	2,62
16	75	152,9	425,9	0,16151	0,80756	3,08639	1,8	2,42	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>73</b>	<b>71</b>	<b>67</b>

**PRUEBA N°39**  
**FECHA: 06/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	134
T° amb. (°C)	13
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	180
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	70
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	72,9	345,9	0,00039	0,00197	0,00197	1,8	2,39	2,62
2	5	69,5	342,5	0,00029	0,00143	0,0034	1,8	2,39	2,62
3	10	69,2	342,2	0,00028	0,00139	0,0048	1,8	2,39	2,62
4	15	87,5	360,5	0,00144	0,00721	0,012	1,8	2,39	2,62
5	20	95,4	368,4	0,00279	0,01393	0,02593	1,8	2,39	2,62
6	25	102,4	375,4	0,00488	0,0244	0,05033	1,8	2,39	2,62
7	30	108,7	381,7	0,00794	0,03972	0,09005	1,8	2,39	2,62
8	35	114,2	387,2	0,012	0,05998	0,15003	1,8	2,39	2,62
9	40	119,7	392,7	0,01791	0,08955	0,23958	1,8	2,39	2,62
10	45	122,8	395,8	0,02234	0,1117	0,35128	1,8	2,39	2,62
11	50	126,5	399,5	0,02895	0,14475	0,49603	1,8	2,39	2,62
12	55	129,9	402,9	0,03658	0,18292	0,67895	1,8	2,39	2,62
13	60	132,5	405,5	0,04364	0,21819	0,89713	1,8	2,39	2,62
14	65	135,5	408,5	0,05333	0,26667	1,1638	1,8	2,39	2,62
15	70	138,9	411,9	0,06672	0,33358	1,49738	1,8	2,39	2,62
16	75	141,5	414,5	0,07898	0,39488	1,89226	1,8	2,39	2,62
17	80	144,1	417,1	0,09329	0,46647	2,35873	1,8	2,39	2,62
18	85	147,2	420,2	0,11349	0,56745	2,92618	1,8	2,39	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	83	81	75

**PRUEBA N°40**  
**FECHA: 07/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	122
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	180
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	51
Dureza	55

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	52,4	325,4	5,2E-05	0,00026	0,00026	1,8	2,39	2,62
2	5	47,2	320,2	3E-05	0,00015	0,00041	1,8	2,39	2,62
3	10	54,4	327,4	6,4E-05	0,00032	0,00073	1,8	2,39	2,62
4	15	62,3	335,3	0,00014	0,00072	0,00145	1,8	2,39	2,62
5	20	73,4	346,4	0,00041	0,00206	0,00351	1,8	2,39	2,62
6	25	83,1	356,1	0,00099	0,00493	0,00844	1,8	2,39	2,62
7	30	92,7	365,7	0,00223	0,01115	0,0196	1,8	2,39	2,62
8	35	100,1	373,1	0,00407	0,02034	0,03994	1,8	2,39	2,62
9	40	106,4	379,4	0,00666	0,03331	0,07325	1,8	2,39	2,62
10	45	113,3	386,3	0,01122	0,05612	0,12936	1,8	2,39	2,62
11	50	119,1	392,1	0,01715	0,08577	0,21513	1,8	2,39	2,62
12	55	123,3	396,3	0,02314	0,11571	0,33084	1,8	2,39	2,62
13	60	127,9	400,9	0,03189	0,15947	0,49031	1,8	2,39	2,62
14	65	130,2	403,2	0,03734	0,1867	0,67701	1,8	2,39	2,62
15	70	133,6	406,6	0,04699	0,23493	0,91194	1,8	2,39	2,62
16	75	136,7	409,7	0,05774	0,28871	1,20065	1,8	2,39	2,62
17	80	138,9	411,9	0,06672	0,33358	1,53423	1,8	2,39	2,62
18	85	140,2	413,2	0,07261	0,36303	1,89726	1,8	2,39	2,62
19	90	142,7	415,7	0,08531	0,42655	2,32381	1,8	2,39	2,62
20	95	144,9	417,9	0,09816	0,4908	2,81462	1,8	2,39	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	94	91	85

**PRUEBA N°41**  
**FECHA: 09/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	130
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	180
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	68
Dureza	61

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	59	332	0,0001	0,00052	0,00052	1,8	2,39	2,62
2	5	62	335	0,00014	0,00069	0,00121	1,8	2,39	2,62
3	10	75,7	348,7	0,00051	0,00255	0,00376	1,8	2,39	2,62
4	15	90,6	363,6	0,00187	0,00936	0,01312	1,8	2,39	2,62
5	20	102,4	375,4	0,00488	0,0244	0,03752	1,8	2,39	2,62
6	25	110,5	383,5	0,0091	0,04551	0,08304	1,8	2,39	2,62
7	30	117,3	390,3	0,01506	0,07529	0,15833	1,8	2,39	2,62
8	35	124,3	397,3	0,02483	0,12415	0,28247	1,8	2,39	2,62
9	40	130,1	403,1	0,03709	0,18543	0,4679	1,8	2,39	2,62
10	45	134,7	407,7	0,05057	0,25285	0,72075	1,8	2,39	2,62
11	50	138,2	411,2	0,06373	0,31865	1,03939	1,8	2,39	2,62
12	55	141,5	414,5	0,07898	0,39488	1,43427	1,8	2,39	2,62
13	60	144,1	417,1	0,09329	0,46647	1,90075	1,8	2,39	2,62
14	65	147,6	420,6	0,11637	0,58186	2,4826	1,8	2,39	2,62
15	70	149,8	422,8	0,13347	0,66733	3,14994	1,8	2,39	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	67	65	59

**PRUEBA N°42**  
**FECHA: 09/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	128
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	180
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	80
Dureza	59

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	68,7	341,7	0,00027	0,00133	0,00133	1,8	2,39	2,62
2	5	63,3	336,3	0,00016	0,00079	0,00212	1,8	2,39	2,62
3	10	69,6	342,6	0,00029	0,00145	0,00356	1,8	2,39	2,62
4	15	76,5	349,5	0,00055	0,00274	0,0063	1,8	2,39	2,62
5	20	83,3	356,3	0,001	0,00502	0,01132	1,8	2,39	2,62
6	25	89,8	362,8	0,00175	0,00876	0,02008	1,8	2,39	2,62
7	30	96,1	369,1	0,00295	0,01475	0,03482	1,8	2,39	2,62
8	35	100,4	373,4	0,00417	0,02083	0,05566	1,8	2,39	2,62
9	40	107,1	380,1	0,00703	0,03515	0,0908	1,8	2,39	2,62
10	45	114	387	0,01182	0,0591	0,14991	1,8	2,39	2,62
11	50	119,2	392,2	0,01728	0,08639	0,23629	1,8	2,39	2,62
12	55	123,9	396,9	0,02414	0,12071	0,357	1,8	2,39	2,62
13	60	128,3	401,3	0,03278	0,16392	0,52092	1,8	2,39	2,62
14	65	132,3	405,3	0,04305	0,21527	0,73619	1,8	2,39	2,62
15	70	136	409	0,05513	0,27566	1,01185	1,8	2,39	2,62
16	75	139,4	412,4	0,06893	0,34463	1,35648	1,8	2,39	2,62
17	80	142,7	415,7	0,08531	0,42655	1,78303	1,8	2,39	2,62
18	85	145,8	418,8	0,10392	0,51958	2,30261	1,8	2,39	2,62
19	90	148,7	421,7	0,12465	0,62324	2,92585	1,8	2,39	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	88	86	81

**PRUEBA N°43**  
**FECHA: 24/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	125
T° amb. (°C)	22
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	81
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	61,7	334,7	0,00013	0,00067	0,00067	1,8	2,42	2,62
2	5	54,2	327,2	6,3E-05	0,00032	0,00099	1,8	2,42	2,62
3	10	65,4	338,4	0,00019	0,00097	0,00196	1,8	2,42	2,62
4	15	72,5	345,5	0,00038	0,0019	0,00386	1,8	2,42	2,62
5	20	82,9	355,9	0,00097	0,00484	0,0087	1,8	2,42	2,62
6	25	99,5	372,5	0,00388	0,01939	0,02809	1,8	2,42	2,62
7	30	108,3	381,3	0,00771	0,03853	0,06662	1,8	2,42	2,62
8	35	113,5	386,5	0,01139	0,05695	0,12357	1,8	2,42	2,62
9	40	118,1	391,1	0,01596	0,07979	0,20336	1,8	2,42	2,62
10	45	123,2	396,2	0,02298	0,1149	0,31826	1,8	2,42	2,62
11	50	130,1	403,1	0,03709	0,18543	0,50369	1,8	2,42	2,62
12	55	135,9	408,9	0,05477	0,27384	0,77753	1,8	2,42	2,62
13	60	140,8	413,8	0,07548	0,37742	1,15495	1,8	2,42	2,62
14	65	143,5	416,5	0,08979	0,44896	1,90391	1,8	2,42	2,62
15	70	148,6	421,6	0,12387	0,61937	2,61328	1,8	2,42	2,62
16	75	151,2	424,2	0,14552	0,72761	2,95089	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	71	69	65

**PRUEBA N°44**  
**FECHA: 24/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	131
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	50
Dureza	57

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	43,1	316,1	1,9E-05	9,6E-05	9,6E-05	1,8	2,42	2,62
2	5	40,9	313,9	1,5E-05	7,5E-05	0,00017	1,8	2,42	2,62
3	10	50,6	323,6	4,3E-05	0,00022	0,00039	1,8	2,42	2,62
4	15	62,9	335,9	0,00015	0,00076	0,00115	1,8	2,42	2,62
5	20	74	347	0,00044	0,00218	0,00333	1,8	2,42	2,62
6	25	84,5	357,5	0,00111	0,00557	0,00889	1,8	2,42	2,62
7	30	94	367	0,00248	0,01242	0,02131	1,8	2,42	2,62
8	35	102,7	375,7	0,005	0,02498	0,0463	1,8	2,42	2,62
9	40	110,7	383,7	0,00924	0,0462	0,0925	1,8	2,42	2,62
10	45	117,1	390,1	0,01484	0,0742	0,1667	1,8	2,42	2,62
11	50	123,9	396,9	0,02414	0,12071	0,28741	1,8	2,42	2,62
12	55	126,3	399,3	0,02855	0,14275	0,43016	1,8	2,42	2,62
13	60	130	403	0,03683	0,18417	0,61433	1,8	2,42	2,62
14	65	134,4	407,4	0,04957	0,24784	0,86217	1,8	2,42	2,62
15	70	137	410	0,0589	0,29448	1,15665	1,8	2,42	2,62
16	75	140,2	413,2	0,07261	0,36303	1,51969	1,8	2,42	2,62
17	80	142,1	415,1	0,08209	0,41043	1,93012	1,8	2,42	2,62
18	85	144,1	417,1	0,09329	0,46647	2,39659	1,8	2,42	2,62
19	90	146,6	419,6	0,10929	0,54645	2,94305	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	88	86	80



**PRUEBA N°45**  
**FECHA: 24/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	135
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	53
Dureza	59

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	43,1	316,1	1,9E-05	9,6E-05	9,6E-05	1,8	2,42	2,62
2	5	53,9	326,9	6,1E-05	0,00031	0,0004	1,8	2,42	2,62
3	10	58,5	331,5	9,8E-05	0,00049	0,00089	1,8	2,42	2,62
4	15	70,6	343,6	0,00032	0,00159	0,00248	1,8	2,42	2,62
5	20	79,1	352,1	0,00069	0,00346	0,00594	1,8	2,42	2,62
6	25	93,6	366,6	0,0024	0,01202	0,01796	1,8	2,42	2,62
7	30	99,5	372,5	0,00388	0,01939	0,03735	1,8	2,42	2,62
8	35	108,5	381,5	0,00782	0,03912	0,07647	1,8	2,42	2,62
9	40	115,9	388,9	0,0136	0,06798	0,14444	1,8	2,42	2,62
10	45	122,6	395,6	0,02203	0,11013	0,25457	1,8	2,42	2,62
11	50	130,1	403,1	0,03709	0,18543	0,44	1,8	2,42	2,62
12	55	135	408	0,05159	0,25795	0,69795	1,8	2,42	2,62
13	60	139,2	412,2	0,06803	0,34017	1,03812	1,8	2,42	2,62
14	65	143,5	416,5	0,08979	0,44896	1,48708	1,8	2,42	2,62
15	70	147,4	420,4	0,11492	0,57461	2,06169	1,8	2,42	2,62
16	75	151,2	424,2	0,14552	0,72761	2,7893	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	74	73	68

**PRUEBA N°46**  
**FECHA: 27/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	142
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	80
Dureza	59

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	70,8	343,8	0,00032	0,00162	0,00162	1,8	2,42	2,62
2	5	66,9	339,9	0,00022	0,00112	0,00274	1,8	2,42	2,62
3	10	73	346	0,0004	0,00199	0,00473	1,8	2,42	2,62
4	15	82,9	355,9	0,00097	0,00484	0,00957	1,8	2,42	2,62
5	20	93,6	366,6	0,0024	0,01202	0,02159	1,8	2,42	2,62
6	25	103,3	376,3	0,00524	0,02619	0,04777	1,8	2,42	2,62
7	30	110,4	383,4	0,00903	0,04517	0,09294	1,8	2,42	2,62
8	35	116,4	389,4	0,0141	0,07051	0,16345	1,8	2,42	2,62
9	40	122,5	395,5	0,02187	0,10935	0,2728	1,8	2,42	2,62
10	45	129,2	402,2	0,03487	0,17437	0,44717	1,8	2,42	2,62
11	50	133,6	406,6	0,04699	0,23493	0,6821	1,8	2,42	2,62
12	55	136,5	409,5	0,05699	0,28493	0,96702	1,8	2,42	2,62
13	60	138,2	411,2	0,06373	0,31865	1,28567	1,8	2,42	2,62
14	65	140,8	413,8	0,07548	0,37742	1,66309	1,8	2,42	2,62
15	70	143,5	416,5	0,08979	0,44896	2,11205	1,8	2,42	2,62
16	75	145,6	418,6	0,10261	0,51305	2,6251	1,8	2,42	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>75</b>	<b>74</b>	<b>67</b>

**PRUEBA N°47**  
**FECHA: 27/11/08**  
**ESPELOR 70 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	141
T° amb. (°C)	24
P° hidraulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	52
Dureza	57

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	67,7	340,7	0,00024	0,00121	0,00121	1,8	2,42	2,62
2	5	66,7	339,7	0,00022	0,0011	0,00231	1,8	2,42	2,62
3	10	74,4	347,4	0,00045	0,00226	0,00457	1,8	2,42	2,62
4	15	82,6	355,6	0,00094	0,00472	0,00929	1,8	2,42	2,62
5	20	92,1	365,1	0,00212	0,01061	0,0199	1,8	2,42	2,62
6	25	100,5	373,5	0,0042	0,021	0,0409	1,8	2,42	2,62
7	30	109,4	382,4	0,00838	0,04188	0,08278	1,8	2,42	2,62
8	35	117,3	390,3	0,01506	0,07529	0,15807	1,8	2,42	2,62
9	40	124,5	397,5	0,02518	0,1259	0,28397	1,8	2,42	2,62
10	45	130,5	403,5	0,03811	0,19055	0,47452	1,8	2,42	2,62
11	50	135,7	408,7	0,05405	0,27023	0,74475	1,8	2,42	2,62
12	55	139,5	412,5	0,06938	0,34688	1,09164	1,8	2,42	2,62
13	60	142,6	415,6	0,08477	0,42383	1,51547	1,8	2,42	2,62
14	65	146,1	419,1	0,1059	0,52951	2,04497	1,8	2,42	2,62
15	70	149	422	0,127	0,63499	2,67997	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	70	68	63

**PRUEBA N°48**  
**FECHA: 28/11/08**  
**ESPELOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	145
T° amb. (°C)	24
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	52
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	42,7	315,7	1,8E-05	9,2E-05	9,2E-05	1,8	2,42	2,62
2	5	37,2	310,2	9,9E-06	4,9E-05	0,00014	1,8	2,42	2,62
3	10	46,4	319,4	2,8E-05	0,00014	0,00028	1,8	2,42	2,62
4	15	55,3	328,3	7,1E-05	0,00035	0,00063	1,8	2,42	2,62
5	20	62,1	335,1	0,00014	0,0007	0,00133	1,8	2,42	2,62
6	25	70,5	343,5	0,00031	0,00157	0,00291	1,8	2,42	2,62
7	30	80,4	353,4	0,00078	0,00389	0,0068	1,8	2,42	2,62
8	35	91,3	364,3	0,00199	0,00993	0,01672	1,8	2,42	2,62
9	40	101,5	374,5	0,00455	0,02273	0,03946	1,8	2,42	2,62
10	45	111,7	384,7	0,00996	0,04981	0,08926	1,8	2,42	2,62
11	50	117,9	390,9	0,01573	0,07864	0,1679	1,8	2,42	2,62
12	55	123,5	396,5	0,02347	0,11735	0,28526	1,8	2,42	2,62
13	60	129,9	402,9	0,03658	0,18292	0,46817	1,8	2,42	2,62
14	65	135,1	408,1	0,05193	0,25967	0,72785	1,8	2,42	2,62
15	70	139,3	412,3	0,06848	0,34239	1,07024	1,8	2,42	2,62
16	75	142,8	415,8	0,08586	0,4293	1,49954	1,8	2,42	2,62
17	80	146,2	419,2	0,10657	0,53286	2,0324	1,8	2,42	2,62
18	85	149,9	422,9	0,1343	0,67148	2,70388	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	85	84	79

**PRUEBA N°49**  
**FECHA: 25/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	143
T° amb. (°C)	16
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	81
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	69,2	342,2	0,00028	0,00139	0,00139	1,8	2,42	2,62
2	5	72	345	0,00036	0,00181	0,0032	1,8	2,42	2,62
3	10	86,2	359,2	0,00129	0,00645	0,00965	1,8	2,42	2,62
4	15	99	372	0,00373	0,01863	0,02828	1,8	2,42	2,62
5	20	110,4	383,4	0,00903	0,04517	0,07346	1,8	2,42	2,62
6	25	120,3	393,3	0,0187	0,09349	0,16695	1,8	2,42	2,62
7	30	128,1	401,1	0,03234	0,16168	0,32863	1,8	2,42	2,62
8	35	132,8	405,8	0,04453	0,22264	0,55127	1,8	2,42	2,62
9	40	135,8	408,8	0,05441	0,27203	0,8233	1,8	2,42	2,62
10	45	138,2	411,2	0,06373	0,31865	1,14194	1,8	2,42	2,62
11	50	141,5	414,5	0,07898	0,39488	1,53682	1,8	2,42	2,62
12	55	145,2	418,2	0,10005	0,50023	2,03705	1,8	2,42	2,62
13	60	148,7	421,7	0,12465	0,62324	2,66029	1,8	2,42	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>60</b>	<b>59</b>	<b>53</b>

**PRUEBA N°50**  
**FECHA: 25/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	132
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	81
Dureza	59

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	77,7	350,7	0,00061	0,00305	0,00305	1,8	2,42	2,62
2	5	73,5	346,5	0,00042	0,00208	0,00513	1,8	2,42	2,62
3	10	76,5	349,5	0,00055	0,00274	0,00787	1,8	2,42	2,62
4	15	81,9	354,9	0,00089	0,00444	0,01231	1,8	2,42	2,62
5	20	90,3	363,3	0,00183	0,00913	0,02144	1,8	2,42	2,62
6	25	100,4	373,4	0,00417	0,02083	0,04228	1,8	2,42	2,62
7	30	108,6	381,6	0,00788	0,03942	0,08169	1,8	2,42	2,62
8	35	114,3	387,3	0,01209	0,06043	0,14212	1,8	2,42	2,62
9	40	119,6	392,6	0,01778	0,08891	0,23103	1,8	2,42	2,62
10	45	124,5	397,5	0,02518	0,1259	0,35693	1,8	2,42	2,62
11	50	129,9	402,9	0,03658	0,18292	0,53985	1,8	2,42	2,62
12	55	133,5	406,5	0,04667	0,23336	0,7732	1,8	2,42	2,62
13	60	136,7	409,7	0,05774	0,28871	1,06192	1,8	2,42	2,62
14	65	139,8	412,8	0,07074	0,35372	1,41564	1,8	2,42	2,62
15	70	142,9	415,9	0,08641	0,43206	1,8477	1,8	2,42	2,62
16	75	145	418	0,09879	0,49393	2,34162	1,8	2,42	2,62
17	80	148,7	421,7	0,12465	0,62324	2,96486	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	78	76	70

**PRUEBA N°51**  
**FECHA: 25/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	133
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	80
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	68,1	341,1	0,00025	0,00125	0,00125	1,8	2,42	2,62
2	5	58,5	331,5	9,8E-05	0,00049	0,00174	1,8	2,42	2,62
3	10	71,5	344,5	0,00035	0,00173	0,00347	1,8	2,42	2,62
4	15	80,9	353,9	0,00081	0,00406	0,00754	1,8	2,42	2,62
5	20	89,3	362,3	0,00168	0,00839	0,01593	1,8	2,42	2,62
6	25	97,4	370,4	0,00328	0,01638	0,03231	1,8	2,42	2,62
7	30	107,9	380,9	0,00747	0,03737	0,06968	1,8	2,42	2,62
8	35	116,6	389,6	0,01431	0,07155	0,14123	1,8	2,42	2,62
9	40	124,9	397,9	0,0259	0,12948	0,2707	1,8	2,42	2,62
10	45	130,5	403,5	0,03811	0,19055	0,46126	1,8	2,42	2,62
11	50	137,9	410,9	0,06249	0,31244	0,7737	1,8	2,42	2,62
12	55	143,5	416,5	0,08979	0,44896	1,22265	1,8	2,42	2,62
13	60	149,5	422,5	0,13101	0,65503	1,87769	1,8	2,42	2,62
14	65	153,1	426,1	0,1635	0,81748	2,69517	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	65	64	60

**PRUEBA N°52**  
**FECHA: 09/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	145
T° amb. (°C)	22
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	70
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	47,5	320,5	3,1E-05	0,00016	0,00016	1,8	2,42	2,62
2	5	53,3	326,3	5,8E-05	0,00029	0,00044	1,8	2,42	2,62
3	10	65,9	338,9	0,0002	0,00102	0,00146	1,8	2,42	2,62
4	15	80	353	0,00075	0,00375	0,00521	1,8	2,42	2,62
5	20	92,3	365,3	0,00216	0,01079	0,016	1,8	2,42	2,62
6	25	103,9	376,9	0,00549	0,02744	0,04344	1,8	2,42	2,62
7	30	114	387	0,01182	0,0591	0,10255	1,8	2,42	2,62
8	35	124,3	397,3	0,02483	0,12415	0,22669	1,8	2,42	2,62
9	40	129,8	402,8	0,03633	0,18167	0,40837	1,8	2,42	2,62
10	45	134,1	407,1	0,04858	0,24292	0,65129	1,8	2,42	2,62
11	50	139,4	412,4	0,06893	0,34463	0,99592	1,8	2,42	2,62
12	55	143,8	416,8	0,09153	0,45764	1,45356	1,8	2,42	2,62
13	60	147,6	420,6	0,11637	0,58186	2,03541	1,8	2,42	2,62
14	65	151,9	424,9	0,15192	0,7596	2,79502	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	64	63	58



**PRUEBA N°53**  
**FECHA: 09/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 25 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	143
T° amb. (°C)	20
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	70
Dureza	60

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	58,1	331,1	9,4E-05	0,00047	0,00047	1,8	2,42	2,62
2	5	53,3	326,3	5,8E-05	0,00029	0,00076	1,8	2,42	2,62
3	10	62,8	335,8	0,00015	0,00075	0,00151	1,8	2,42	2,62
4	15	78,1	351,1	0,00063	0,00316	0,00467	1,8	2,42	2,62
5	20	93,3	366,3	0,00234	0,01172	0,0164	1,8	2,42	2,62
6	25	104,2	377,2	0,00562	0,02809	0,04449	1,8	2,42	2,62
7	30	110	383	0,00877	0,04383	0,08832	1,8	2,42	2,62
8	35	115,7	388,7	0,0134	0,06699	0,1553	1,8	2,42	2,62
9	40	120,8	393,8	0,01938	0,09689	0,2522	1,8	2,42	2,62
10	45	125,1	398,1	0,02626	0,1313	0,3835	1,8	2,42	2,62
11	50	130,8	403,8	0,0389	0,19448	0,57798	1,8	2,42	2,62
12	55	134,6	407,6	0,05023	0,25117	0,82915	1,8	2,42	2,62
13	60	137,5	410,5	0,06087	0,30434	1,13348	1,8	2,42	2,62
14	65	139,6	412,6	0,06983	0,34915	1,48263	1,8	2,42	2,62
15	70	142,8	415,8	0,08586	0,4293	1,91193	1,8	2,42	2,62
16	75	144,6	417,6	0,09631	0,48154	2,39347	1,8	2,42	2,62
17	80	147,3	420,3	0,1142	0,57102	2,82954	1,8	2,42	2,62

Tiempo optimo	LCS	prom	LCI
	78	76	69

**PRUEBA N°54**  
**FECHA: 25/11/08**  
**ESPEJOR 70 mm / 15 % GOMA**

**Datos**

T° molde (°C)	125
T° amb. (°C)	22
P° hidráulica (kg / cm <sup>2</sup> )	200
Tpo de vulc.(min)	100
T° preforma (°C)	50
Dureza	58

N°	Tiempo [min]	T° [°C]	T° [°K]	Ki	Δt reom	t reom	LCI	prom	LCS
1	0	45,1	318,1	2,4E-05	0,00012	0,00012	1,8	2,42	2,62
2	5	45,6	318,6	2,5E-05	0,00013	0,00025	1,8	2,42	2,62
3	10	55,5	328,5	7,2E-05	0,00036	0,00061	1,8	2,42	2,62
4	15	68,8	341,8	0,00027	0,00134	0,00195	1,8	2,42	2,62
5	20	81,9	354,9	0,00089	0,00444	0,00639	1,8	2,42	2,62
6	25	93,7	366,7	0,00242	0,01212	0,0185	1,8	2,42	2,62
7	30	103,6	376,6	0,00536	0,02681	0,04531	1,8	2,42	2,62
8	35	111,9	384,9	0,01011	0,05056	0,09587	1,8	2,42	2,62
9	40	119,1	392,1	0,01715	0,08577	0,18163	1,8	2,42	2,62
10	45	124,9	397,9	0,0259	0,12948	0,31111	1,8	2,42	2,62
11	50	130	403	0,03683	0,18417	0,49528	1,8	2,42	2,62
12	55	134,8	407,8	0,05091	0,25454	0,74982	1,8	2,42	2,62
13	60	138,2	411,2	0,06373	0,31865	1,06846	1,8	2,42	2,62
14	65	141,8	414,8	0,08052	0,40259	1,47105	1,8	2,42	2,62
15	70	145,1	418,1	0,09941	0,49707	1,96812	1,8	2,42	2,62
16	75	147,4	420,4	0,11492	0,57461	2,54273	1,8	2,42	2,62
17	80	149,3	422,3	0,12939	0,64695	3,18968	1,8	2,42	2,62

<b>Tiempo optimo</b>	<b>LCS</b>	<b>prom</b>	<b>LCI</b>
	<b>77</b>	<b>74</b>	<b>69</b>

## Anexo D: Planilla computacional



ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

### Calculo del tiempo de vulcanizado


Temperatura de molde [°C]	Temperatura de Preforma [°C]	Composicion de caucho	Espesor [mm]
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="button" value="Calcular"/>			

Pablo Arancibia Reyes

Ingeniería Civil Química, PUCV.

2009


## Anexo E: Ejemplo de aplicación de planilla computacional

 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

**Calculo del tiempo de vulcanizado**

Temperatura de molde[°C]	Temperatura de Preforma [°C]	Composicion de caucho	Espesor [mm]
128	71	25% caucho / 75% acero	150
<input type="button" value="Calcular"/>			

**Pablo Arancibia Reyes**  
Ingenieria Civil Quimica, PUCV.  
2009

 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

**Valores Ingresados:**


Temperatura de molde =128[°C]
Temperatura de Preforma =71[°C]
Espesor =150[mm]

**El tiempo de vulcanizado para 25 % de caucho / 75 % de acero**

178 [min]
-----------

[Volver al inicio](#)

## Anexo F: Registro de reducción de tiempos de vulcanizado



### Reducción tiempo vulcanizado

N° plano

Prensa N°

Nombre pieza

% Kg caucho	
% Kg acero	
Tpo. tabla [min]	
Tpo. actual [min]	

N°	OT	N° Traz.	Fecha	T° Molde *	T° Preforma**	Tpo validado	Δt [min]	Observaciones	Resultado
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

\* T° Molde mín. para cargar 140 °C, en caso contrario, calentar molde hasta lograr T° deseada.

\*\* T° Preforma mín para cargar 60 °C, en caso contrario, reprocessar caucho hasta lograr T° mín.

Tanto las T°s de Molde como Preforma deben ser medidas en el centro del molde, de la lámina o del blank

Tiempo Validado

## Anexo G: Cálculo de ahorros operativos

espesor [mm]	15%caucho	25%caucho	valor \$	Valor prod. anual
100		27	13.026	773.744
120	30	45	13.026	2.507.505
140	34	92	13.026	4.814.410
150	6		13.026	243.586
160	1330	164	13.026	64.220.785
170	20	7	13.026	1.225.095
180		127	13.026	6.065.774
190		160	13.026	8.024.016
200	50	43	13.026	4.886.053
210	28	40	13.026	3.734.988
230	15	26	13.026	2.447.803
240	233	102	13.026	20.800.351
250		140	13.026	9.027.018
270		243	13.026	16.828.941
280	48		13.026	3.438.864
300	90	131	13.026	16.888.643
			<b>Total \$</b>	165.927.576

Ahorro peor caso (R1)	
Valor prod. 15% caucho	Valor prod. 25% caucho
0	743.457
785.930	1.454.024
1.018.670	3.412.082
191.055	0
44.853.049	6.865.703
712.114	309.765
0	5.923.311
0	7.844.535
2.062.526	2.210.907
1.207.700	2.152.182
703.430	1.523.099
11.365.028	6.218.822
0	8.869.972
0	16.556.354
2.702.562	0
5.405.992	9.863.965
71.008.055	73.948.179
<b>suma</b>	144.956.234
<b>Ahorro peor caso \$</b>	20.971.342

<b>Ahorro caso medio (R5)</b>	
<b>Valor prod. 15% caucho</b>	<b>Valor prod. 25% caucho</b>
0	677.026
694.722	1.343.306
905.454	3.185.725
170.207	0
40.039.126	6.462.199
636.828	292.542
0	5.610.841
0	7.450.872
1.852.590	2.105.110
1.086.081	2.053.766
633.933	1.459.129
10.251.768	5.967.862
0	8.525.517
0	15.958.478
2.445.418	0
4.897.783	9.541.654
63.613.910	70.634.028
<b>suma</b>	<b>134.247.938</b>
<b>Ahorro caso medio \$</b>	<b>31.679.638</b>

<b>Ahorro mejor caso (R9)</b>	
<b>Valor prod. 15% caucho</b>	<b>Valor prod. 25% caucho</b>
0	620.383
605.735	1.242.394
784.923	2.966.114
147.200	0
34.554.452	6.047.005
548.564	274.315
0	5.270.956
0	7.011.104
1.588.521	1.983.814
930.099	1.938.040
541.689	1.380.148
8.751.489	5.650.640
0	8.079.993
0	15.150.040
2.080.784	0
4.162.002	9.077.417
54.695.459	66.692.363
<b>suma</b>	<b>121.387.822</b>
<b>Ahorro mejor caso \$</b>	<b>44.539.754</b>





