

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales
Licenciatura en Ingeniería de Procesos Industriales

CM5300 Proyecto Final de Graduación

Grupo Vidriero Centroamericano
VICESA

Identificación de los materiales que conforman las distintas piezas de las molduras C-1615 conjunto 23 y C-1925 conjunto 10, utilizadas en el proceso de fabricación de envases de vidrio en la empresa VICESA

Realizado por:

Raquel Emilia Céspedes Marín

Profesor Asesor:

Ing. Juan Fernando Álvarez Castro, PhD

Asesor Industrial:

Ing. Gerardo Alvarado Hernández

Noviembre 26, 2007

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto se analiza si las características metalúrgicas de los materiales de las molduras C-1615 conjunto 23 y C-1-925 conjunto 10, coinciden con las especificaciones que tiene la empresa VICESA para el proceso de fabricación de envases de vidrio.

La razón se debe a que la empresa manda las descripciones de las molduras a la empresa fabricante Perego, pero una vez entregado el producto, sólo se garantiza que funciona para fabricar envases de vidrio.

Por ende, se hace una identificación de los materiales y las especificaciones que conforman las distintas piezas de las molduras, que presentan mayor demanda de producción en la empresa, por medio de la selección de una guía de pruebas de caracterización que se pueden realizar en el país, y así corroborar que las especificaciones de los materiales son los adecuados para el proceso de fabricación.

Entre los resultados obtenidos para ambas molduras se tiene que las características metalúrgicas de los moldes, bombillos, fondos, obturadores, enfriadores y pistones no coinciden con las especificaciones que tiene la empresa, a diferencia de las coronas.

Por lo tanto, la empresa con el estudio, establecerá criterios que le permitan identificar problemas en el proceso de fabricación y sus posibles mejoras, a fin de optimizar la producción del vidrio por parte del Taller de Molduras, contribuyendo a la disminución de desperdicios, reducción de costos y control del mantenimiento.

Céspedes, Raquel. Noviembre, 2007. Identificación de los materiales que conforman las distintas piezas de las molduras C-1615 conjunto 23 y C-1925 conjunto 10, utilizadas en el proceso de fabricación de envases de vidrio en la empresa VICESA, Proyecto Final de Graduación (CM5300). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Profesor Asesor: Ing. Juan Fernando Álvarez. Castro, PhD.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la realización del Proyecto Final de Graduación.

Se agradece al asesor industrial el Ing. Gerardo Alvarado Hernández, Jefe de Departamentos de Molduras, Diseño y Mantenimiento IS, y demás compañeros de la empresa VICESA, por su apoyo y ayuda.

Se agradece al profesor asesor, Ing Juan Fernando Álvarez Castro, PhD y a los profesores lectores Ing. José Luis Debriones Botella y el Ing. José Alberto Ramírez Picado, MBA, por sus orientaciones y sus consejos en el desarrollo del Proyecto Final de Graduación.

También se agradece a las personas que colaboraron en el ingreso a la empresa VICESA al Lic. Alexander Monge, al Ing. Luis Varela González y al Ms. Oscar Chavarri.

Un sincero agradecimiento a colaboradores externos al Proyecto Final de Graduación por la ayuda, disposición y soporte desinteresado en la realización de las pruebas de análisis para la identificación de materiales: al profesor Ms. Ronald Jiménez Salas, al equipo de trabajadores del Taller de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, al Sr. Jorge Quesada del Centro de Información de la Biblioteca José Figueres, a la Sra. Lourdes Loaiza Leiva asistente administrativa del CEQIATEC y al director Ms. Mario Conejo junto a la secretaria la Sra. Olga González de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales.

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

*A mis amigos, amigas, novio y familia
por permitirme tenerlos a mi lado en
el transcurso de mi carrera, por
brindarme apoyo, comprensión
y por enseñarme el valor de
vivir como persona y no
como máquina*

*“Vale más un minuto útil que
cien años inútiles”, Cocorí,
Joaquín Gutiérrez.*

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

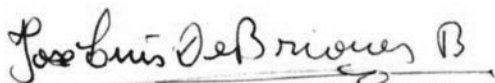
El presente Proyecto Final de Graduación titulado “Identificación de los materiales que conforman las distintas piezas de las molduras C-1615 conjunto 23 y C1925 conjunto 10, utilizadas en el proceso de fabricación de envases de vidrio en la empresa VICESA” y realizado en la empresa “Vidriera Centroamericana S.A., VICESA”, durante el II Semestre del 2007, ha sido defendido, ante el Tribunal Examinador integrado por los profesores Ing. José Luis Debriones Botella e Ing. José Alberto Ramírez Picado; como requisito para optar al grado de Licenciatura en Ciencia e Ingeniería de los Materiales, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del proyecto desarrollado por el estudiante, estuvo a cargo del profesor asesor Ing. Juan Fernando Álvarez Castro, PhD.

Este documento y su defensa ante el Tribunal Examinador han sido declarados:

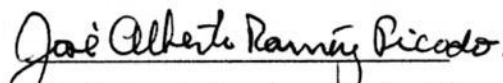
Públicos X

Confidenciales _____



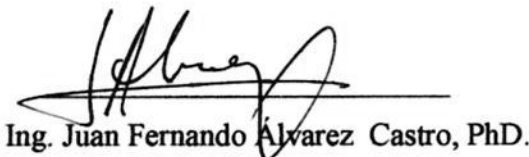
Ing. José Luis Debriones Botella.

Profesor Evaluador



Ing. José Alberto Ramírez Picado, MBA

Profesor Evaluador



Ing. Juan Fernando Álvarez Castro, PhD.

Profesor Guía



Srta. Raquel Emilia Céspedes Marín

Estudiante

Cartago, 26 de noviembre de 2007

ÍNDICE GENERAL

	Página
i. Resumen Ejecutivo.....	ii
ii. Agradecimiento.....	iii
iii. Dedicatoria.....	iv
iv. Epígrafe.....	v
v. Acta de Entrega y Constancia de Defensa Pública.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Identificación de la Empresa.....	1
1. <i>Visión /Misión de la Compañía</i>	1
2. <i>Antecedentes Históricos</i>	2
3. <i>Ubicación Geográfica de la Planta</i>	2
4. <i>Estructura Organizativa por Departamentos</i>	2
5. <i>Tipos de Productos y sus Características Generales</i>	4
6. <i>Mercados de Exportación</i>	5
7. <i>Descripción General del Proceso Productivo de la Planta</i>	5
7.1 <u>Pedidos y Programa de Fabricación</u>	5
7.2 <u>Formulación</u>	6
7.3 <u>Recepción y Almacenaje de Materiales</u>	6
7.4 <u>Trituración y Molienda</u>	6
7.5 <u>Pesaje, Dosificado y Mezclado</u>	7
7.6 <u>Fundición y Afinación</u>	7
7.7 <u>Acondicionamiento del Vidrio</u>	7
7.8 <u>Proceso de Formación del Envase</u>	7
7.9 <u>Tratamiento Térmico</u>	8
7.10 <u>Tratamiento Superficial</u>	8
7.11 <u>Revisión</u>	9
7.12 <u>Decorado</u>	9

7.13 Mateado.....	9
7.14 Empaque y Embarque.....	9
B. Justificación del Proyecto.....	10
C. Objetivos del Proyecto.....	11
1. <i>Objetivo General</i>	11
2. <i>Objetivos Específicos</i>	11
D. Alcance y Limitaciones.....	12
II. MARCO TEÓRICO.....	13
A. Fundición Gris.....	13
B. Fundición Nodular.....	15
C. Aceros.....	15
D. Tratamientos Térmicos.....	18
E. Aleaciones de Cobalto.....	20
F. Aleaciones de Níquel.....	20
G. Aleaciones de Cobre.....	21
H. Metalografía.....	22
I. Dureza.....	23
J. Fluorescencia de Rayos Equis.....	24
III. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	25
IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	28
A. Antecedentes.....	28
B. Funcionamiento del Taller de Molduras.....	29
C. Descripción de las Molduras.....	30
D. Proceso Para Seleccionar las Piezas de Análisis.....	32
E. Identificación del Fabricante de las Molduras.....	35
V. SOLUCIONES AL PROBLEMA PLANTEADO.....	37
A. Propuesta de Pruebas de Análisis.....	37
B. Análisis Económico de las Pruebas de Investigación.....	40
VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
A. Resultados de la Moldura de la Cerveza Red Stripe, C-1615, Conjunto 23.....	44

B. Resultados de la Moldura de Colados Gerber, C-1925, Conjunto 10.....	71
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
A. Conclusiones.....	99
B. Recomendaciones.....	100
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	101

I. INTRODUCCIÓN

A. Identificación de la Empresa

El Grupo Vidriero Centroamericano, se enfoca principalmente a la elaboración y comercialización de envases de vidrio, como botellas y vasos. Esta empresa ha logrado abarcar los mercados de Centroamérica y otros fuera del área, otorgándole un liderazgo en la comercialización de bebidas gaseosas, industrias cerveceras, licoreras, alimenticias y medicinales (Grupo VICAL, 2007).

1. Visión /Misión de la Compañía

La empresa VICESA, al formar parte del Grupo VICAL, debe contemplar la misión que consiste en crear una sólida relación de negocios basada en una filosofía de beneficio mutuo a largo plazo con los clientes. Esto se logra por medio del potencial técnico y humano, el cual pone a disposición para certificar un buen servicio. Además, busca el desarrollo de nuevos productos para sus clientes, por medio del diseño creativo, de la ingeniería y de la asistencia técnica.

Por consiguiente, el Grupo VICAL se compromete a tener un servicio formal y a continuar a la vanguardia tecnológica (VICAL(C), 2007), por medio de una política de calidad que busca la operación eficaz y el mejoramiento continuo, basado en los requerimientos de la norma ISO 9001-2000 (Meneses, 2004).

La mini compañía del Taller de Moldura posee la siguiente misión: “incrementar objetivamente la productividad en la planta VICESA a partir de las áreas de diseño, inspección y mantenimiento de línea, siempre con el objetivo pleno de satisfacer a cabalidad las solicitudes de los clientes, para esto se pretende brindar el 100% del esfuerzo transformado en compromiso y responsabilidad” (Alvarado, 2007).

2. Antecedentes Históricos

VICESA nace en 1974, por la consolidación de la inversión de costarricenses, representados por Florida Ice, Farm de Costa Rica, Cervecería Centroamericana de Guatemala, Grupo VITRO de México. Luego, el 1° de octubre de 1978, la planta de fabricación de envases de vidrio comienza a operar (Calderón, 2005), con una área física que incluía bodegas, planta de manufactura, edificios administrativos y un horno de fundición con capacidad para 170 toneladas distribuidas en cuatro líneas de producción.

En 1994 la empresa estaba constituida por más de 500 trabajadores y en 1999 se construyó el segundo horno de fundición, que adicionó tres líneas de producción, ampliando la capacidad de fabricación a 400 toneladas (Marín, 2006).

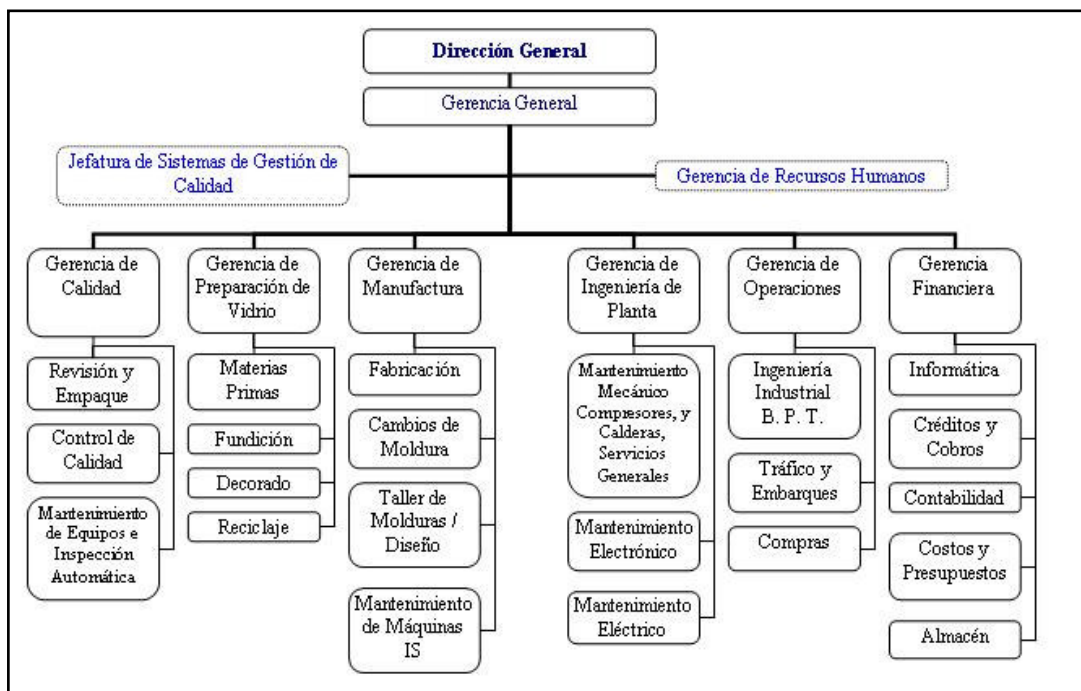
3. Ubicación Geográfica de la Planta

VICESA se ubica en el distrito de San Nicolás en el Cantón Central de Cartago, al noroeste de la provincia de Cartago. En un terreno de 18 hectáreas y con 19000m² de área de fabricación (Marín, 2006).

4. Estructura Organizativa por Departamentos

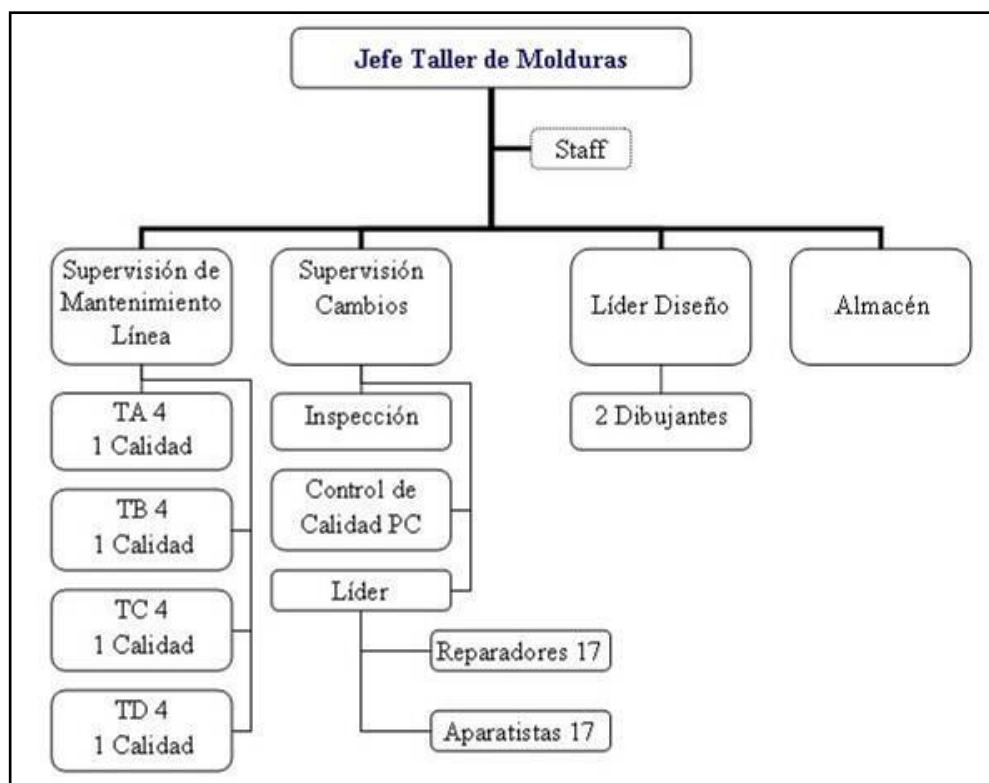
VICESA posee una estructura jerárquica que es liderada por la Dirección General, que se encarga de definir las políticas y las normas para un trabajo eficiente de cada una de las gerencias. En la Figura No.1 se visualiza como se estructura la organización, donde labora un personal que supera las 700 personas (Calderón, 2005).

El Proyecto Final de Graduación se realiza en el departamento de Taller de Molduras/Diseño que pertenece a la Gerencia de Manufactura y que tiene una estructura organizativa que se representa en la Figura No.2.



Fuente: Marín, 2006

Figura No.1: Estructura organizativa de VICESA



Fuente: Alvarado, 2007

Figura No.2: Estructura organizativa del Taller de Molduras/Diseño

5. Tipos de Productos y sus Características Generales

La empresa VICESA comercializa botellas y frascos para bebidas gaseosas, industrias cerveceras, licoreras, alimenticias y medicinales. Por consiguiente, establece la tecnología de fabricación según la clasificación de las dimensiones y las tolerancias de los envases de vidrio, además de los parámetros de: relación peso-capacidad, diámetro, altura, espesor, esfuerzo a la tensión, duración, resistencias a algunas cargas, presiones internas, carga vertical, carga al impacto (Tejada, 1997).

Con un centro de diseño los ejecutivos de ventas y técnicos en desarrollo de productos asesoran en una sesión de trabajo al cliente para que pueda diseñar su envase siguiendo tres fases:

1. Diseño de especificaciones en dos dimensiones.
2. Definición de todas las especificaciones del producto final, tales como: pesos dimensiones y capacidades, de acuerdo a los requerimientos y estándares internacionales de empaques de vidrio.
3. Animación de modelos en tercera dimensión para efecto de visualizar los aspectos en cuanto a forma y apariencia del producto diseñado (VICAL (C), 2007).

VICESA produce un envase como el material que contiene o guarda a un producto y que forma parte integral del mismo, que sirve para proteger la mercancía y distinguirla de otros artículos, además el objetivo más importante de un envase es dar protección al producto para su transportación, por ende preserva, contiene, transporta, informa, expresa, impacta y protege al producto que contiene (Gestiopolis (A), 2007).

Además, el vidrio cuenta con características como: permite ver el producto que contiene, es un material totalmente inocuo que no reacciona con el producto, es higiénico, ya que, no es poroso evitando la formación de colonias de bacterias, es un aislante perfecto generando una mayor vida en el anaquel, puede ser utilizado para guardar algún otro producto, pueden crearse una variedad infinita de formas y tamaños (Vitro (D), 2007), el vidrio tiene la ventaja única de que siempre puede ser reprocesado para volver a usarse, 100% reciclable y no posee sustancias que degraden el medio ambiente (Zelmira, 2007).

Por consiguiente, las características higiénicas y sanitarias del vidrio, convierten a este envase en el idóneo para que la Vidriera de Costa Rica posea dos productos claves los colados Gerber y la cerveza Red Stripe, proveniente de Jamaica.

6. Mercados de Exportación

El objetivo primario de la Vidriera Centroamericana es satisfacer las necesidades de artículos de vidrio de calidad para la industria y el comercio de Costa Rica, Centroamérica, Panamá, Estados Unidos y la Cuenca del Caribe, la compañía dedica gran parte de los recursos para garantizar que los productos tengan calidad de exportación y que sean aceptados en el mercado externo. Tal iniciativa le ha permitido vender a otros países más del 60% de la producción, desde el inicio de sus operaciones (Calderón, 2005).

Lo anterior se fundamenta en que el Grupo Vitro tiene plantas de producción y manufactura en ocho países: Estados Unidos, México, Guatemala, Costa Rica, Colombia, Perú, Bolivia, Argentina (Vitro (C), 2007), que son centros de distribución alrededor de América y Europa (ITESO, 2007).

7. Descripción General del Proceso Productivo de la Planta

VICESA integra todas las etapas que intervienen en la fabricación de envases de vidrio de forma coordinada y supervisada, como se observa en la Figura No.3.

7.1 Pedidos y Programa de Fabricación

La información de los pedidos se recibe de tres áreas: la dirección comercial, la dirección de exportación y el área técnica. Esta es colocada para su producción en un programa divisional, en donde se define el horno, el alimentador, la línea y la máquina a utilizar. Posteriormente, se informa al departamento de preparación del vidrio: cantidad de materias primas y tipo de vidrio a producir en un período específico de tiempo, corto, mediano o largo plazo.

7.2 Formulación

El proceso comienza cuando se identifica cuáles son los constituyentes de la mezcla. Para obtener estos datos es necesario conocer la fórmula del vidrio que se va a aplicar según el tipo de producto que se va a elaborar. Por medio de funciones de investigación y desarrollo se establece la fórmula, tomando en cuenta los siguientes factores: la especificación para cada tipo de vidrio, las materias primas accesibles, los procesos de formación de envases y la información sobre tecnología.

El proceso debe contemplar: que las especificaciones que deberán cumplir los materiales sean tanto químicamente como físicamente, que el ritmo de entrega se adapte a las capacidades de almacenaje y consumo, que el proveedor sea el más confiable, que sea con base en la calidad de sus materiales, que se establezca si el material viene a granel, en sacos, en tambores u otro medio.

7.3 Recepción y Almacenaje de Materiales

Una vez que se conoce que el pedido ha quedado formalmente solicitado, se realiza la recepción de los materiales. En esta etapa se verifica que los materiales lleguen dentro de las condiciones establecidas en el convenio de compra, como las características químicas y físicas, el volumen de suministro y el proveedor. Si un material no cumple con alguna o algunas de las especificaciones, se procede a realizar una acción correctiva que puede ser el rechazo total del material o someterlo a un proceso para alcanzar cumplir las especificaciones. Generalmente se almacena las materias primas en tolvas, silos o bodegas.

7.4 Trituración y Molienda

En ocasiones los materiales requieren someterse a un proceso previo a la formulación como la molienda, el lavado, la separación magnética, la selección manual, con el objetivo de que los materiales estén dentro de las especificaciones. Si es necesario, el material se reprocesará ó se rechazará según la magnitud de desviación en los resultados.

7.5 Pesaje, Dosificado y Mezclado

Se realiza el pesaje de cada uno de los constituyentes de la fórmula, una vez homogenizada la mezcla de los ingredientes se debe analizar la calidad.

7.6 Fundición y Afinación

Esta mezcla es enviada a la etapa de fundición, en donde se realiza la transformación de estado sólido al líquido y posteriormente se efectúa la afinación del vidrio. En esta etapa se procura la expulsión de los gases generados de las reacciones químicas.

7.7 Acondicionamiento del Vidrio

Este proceso consiste en acondicionar al vidrio desde el punto de vista de temperatura y viscosidad, para incorporar las condiciones físicas más convenientes para su manejo. Por ende, se controla la temperatura del mismo a medida que fluye por el horno, el refinador, el alimentador y el orificio refractario, para obtener gradientes de temperatura uniformes de la superficie al fondo y de lado a lado de la entrada de la zona frontal (noria).

7.8 Proceso de Formación del Envase

Las máquinas que posee la empresa por versatilidad y productividad son las IS (individual system), que desarrollan operaciones en múltiples cavidades.

El vidrio acondicionado pasa al alimentador, luego pasa a través de un orificio, en donde, por medio de mecanismos y de la fuerza de gravedad se logra obtener velas, sencillas o múltiples según el caso, con forma y peso adecuados para formar el artículo.

La vela cae en sucesión predeterminada a través del equipo de entrega a un bombillo o premolde, en cada sección de la máquina IS, donde es parcialmente moldeado el cuerpo del envase y se produce el perfil exterior de la corona. Consecutivamente la preforma es transferida a un molde en la misma sección, donde es soplada a su forma final.

El artículo formado, es removido por los dedos del mecanismo extractor a una placa de enfriamiento donde permanece unos segundos, posteriormente es empujado a una banda acarreadora y transportado al templador de recocido.

En las máquinas IS se pueden fabricar envases de boca angosta y de boca ancha, en simple o múltiples cavidades:

- Envases boca angosta: normalmente este tipo de envases se fabrican con el proceso soplo-soplo (SS), en el cual la preforma es moldeada por efecto de la presión del aire, el diámetro de corona es 13mm a 34mm.
- Envases boca ancha: estos son formados utilizando el proceso prensa-soplo (PS), aquí la formación de la preforma es moldeada por el prensado de un pistón. La boca del envase es suficientemente ancha para permitir que el pistón entre y preñe el vidrio contra el bombillo, el diámetro de corona es 38mm a 120mm.
- Envases boca angosta en prensa soplo (PSBA): son fabricados con la finalidad de producirlos con menor cantidad de vidrio permitiendo incrementos de velocidad, mejorando la distribución del vidrio y por consiguiente mejorando la calidad del mismo, el diámetro de corona es 24mm a 38mm.

Para el proceso de formación del envase se requiere del soporte de los departamentos de mantenimiento.

7.9 Tratamiento Térmico

Se procede con un tratamiento térmico para eliminar los esfuerzos de solidificado generados en el vidrio, este se realiza en hornos continuos de recocido, donde por medio de incrementos y decrementos de temperatura se llega a nivel ambiente.

7.10 Tratamiento Superficial

La aplicación de un tratamiento superficial al envase se realiza para satisfacer las características de resistencia a la fractura y de facilidad de manejo, en una máquina denominada templador. El proceso consiste de dos tratamientos químicos superficiales, el primero por una capa de metal en el lado caliente del proceso a base de estaño o titanio y el

segundo por una emulsión de polietileno o ácido oleico o estearatos en el lado frío del proceso (a la salida del templador), que juntos conforman una película permanente que permite que el envase conserve su resistencia.

7.11 Revisión

Luego del tratamiento superficial se procede ingresar el envase en el área de revisión, la cual selecciona los recipientes en forma automática y manual. Para la selección automática, se cuenta con máquinas de alta velocidad diseñadas para detectar y rechazar envases de cuello angosto y/o boca ancha que presenten desviaciones de manufactura como: fracturas o estrelladuras, espesores de vidrio delgado, fuera de verticalidad, fuera de especificación en ovalamiento.

7.12 Decorado

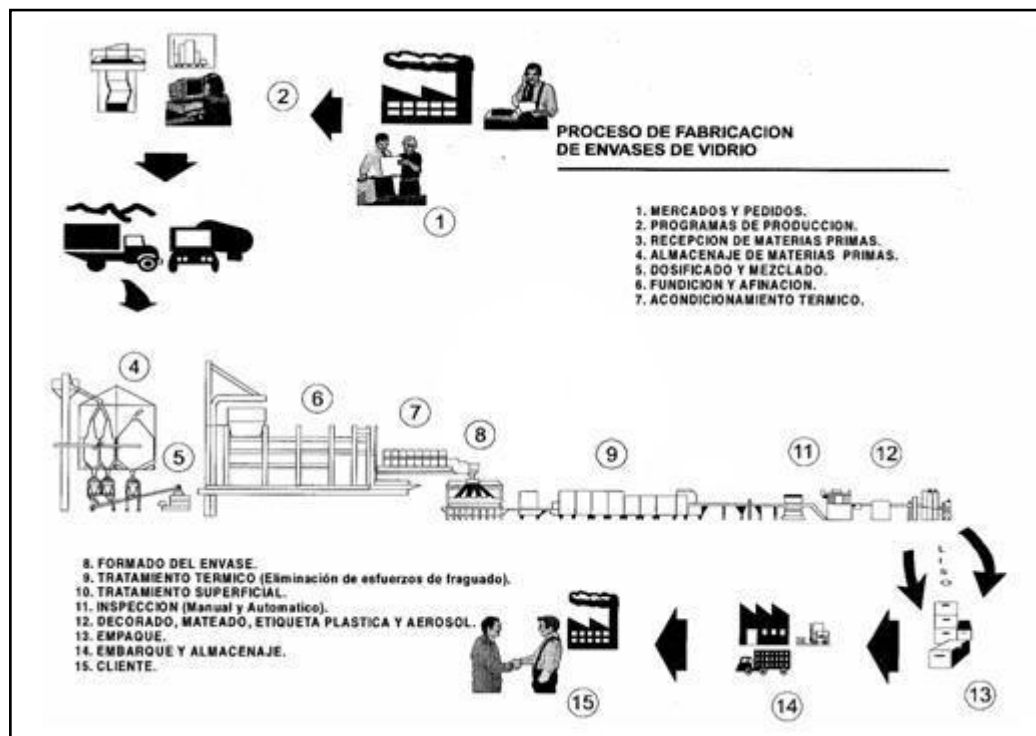
Algunos envases son sometidos al proceso de decorado, que consiste en aplicar al artículo una etiqueta cerámica, sometiéndose consecutivamente a un tratamiento térmico en un horno. Una forma alternativa consiste en un recubrimiento plástico que lleva un decorado de identificación, realizándose luego un secado y un quemado a baja temperatura.

7.13 Mateado

Este proceso consiste en darle al envase un acabado mate, por medio de un proceso químico o de un bombardeo con arena.

7.14 Empaque y Embarque

El área de empaque se encarga de cubrir los envases con plástico para que sean enviados a las bodegas de embarques para que sean destinados a los clientes (Calderón, 2005).



Fuente: Calderón, 2005

Figura No.3: Proceso de fabricación del vidrio

B. Justificación del Proyecto

La justificación del presente proyecto consiste en que la empresa Vidriera de Costa Rica necesita tener las especificaciones propias de las molduras que utilizan, ya que, según se comentó con el Jefe del Departamento de Molduras, se mandan las descripciones de las molduras a las empresas fabricantes HEYE (Alemania), INTERMOLDE (Portugal), PEREGO (Italia) y FAMA (México), pero una vez entregado el producto, sólo se garantiza que sirve y no se sabe, si se fabricaron con las descripciones solicitadas de composición química y de propiedades mecánicas (por secreto de fabricación).

Por ende, se requiere hacer un estudio de identificación de los materiales de los componentes de las molduras, con el menor número de defectos, aplicando análisis químico, metalográfico y de dureza o de microdureza, para obtener los resultados de las

especificaciones de cada uno de los dos tipos de molduras, que presentan mayor demanda de producción, para crear un patrón comparativo.

Lo anterior se utilizará para solicitar a las compañías fabricantes las especificaciones de las molduras que optimicen la producción. Por lo tanto, la empresa con el estudio, establecerá criterios que le permitan identificar problemas en el proceso de fabricación y sus posibles mejoras, a fin de optimizar la producción del vidrio por parte del Taller de Molduras, esto contribuirá a la disminución de desperdicios, reducción de costos y control del mantenimiento.

Las razones de analizar las molduras C-1615 conjunto 23 y C-1925 conjunto 10 son porque para la Vidriera Centroamericana los envases fabricados con estas molduras son productos claves en ventas, y porque las molduras analizadas son exclusivas de la empresa y no han sido sometidas a cambios de diseño.

C. Objetivos del Proyecto

1. Objetivo General

Analizar si las características metalúrgicas de los materiales de las molduras C-1615 conjunto 23 y C-1925 conjunto 10, coinciden con las especificaciones que tiene la empresa para el proceso de fabricación de envases de vidrio.

2. Objetivos Específicos

1. Identificar los materiales y las especificaciones que conforman las distintas piezas de las molduras.
2. Seleccionar una guía de pruebas de caracterización que se pueden realizar en el país.
3. Corroborar que las especificaciones de los materiales son los adecuados para el proceso de fabricación.

D. Alcance y Limitaciones

El alcance consiste en que la empresa VICESA, tome decisiones basadas en la información de los resultados obtenidos en el Proyecto Final de Graduación, para controlar el diseño, el mantenimiento, la calidad, la disposición y la prolongación de la vida útil de las molduras que utilice.

Además, el Taller de Molduras poseerá los parámetros para realizar reclamos si el producto entregado, por la empresa fabricante de las molduras analizadas, no cumple con las especificaciones solicitadas.

Las limitaciones del Proyecto Final de Graduación son:

1. Cuando VICESA realiza el pedido a las empresas fabricantes de molduras las únicas especificaciones que solicita es por medio de los planos de las piezas, en donde da de forma detallada las dimensiones y las tolerancias, y de forma estándar el tipo de material.
2. Se trabajó con piezas de desecho, y lo idóneo es analizar piezas que no hayan ingresado a fabricación.
3. La empresa comparte molduras con VIGUA, la cual posee diferentes parámetros de inspección y de control, por consiguiente, la cantidad de tipos de molduras establecidas al comienzo del estudio se redujo de cinco a dos (C-1514, C-2045, C-1468, C-1615, C-1925).
4. A nivel nacional los equipos de análisis químicos cuantitativos no identifican la composición de las fundiciones grises.
5. El equipo de fluorescencia de rayos X analiza químicamente superficies pulidas, pero los resultados del equipo no contemplan algunos elementos como Al, C, Si, P y S.

II. MARCO TEORICO

En el presente capítulo se describen los diferentes tipos de materiales que conforman las piezas de las molduras y las pruebas de análisis que se les aplican.

Los metales se clasifican en aleaciones ferrosas y no ferrosas, las primeras aleaciones se subdividen según el contenido de carbono en aceros y fundiciones, y las segundas según el elemento presente en mayor cantidad en la composición química.

A. Fundición Gris

La fundición gris contiene altos contenidos de silicio y carbono (mayor a 2%), es un compuesto con precipitados de grafito en una matriz sólida de metal; el tamaño y la forma de las partículas de carbono se controlan con silicio, como inoculador (Production Machining, 2007), ya que, agregando un porcentaje de este a la fundición gris la reacción de grafitización ocurre inmediatamente, precipitando el carbono en forma de láminas y/o de nódulos. Su fractura es de color grisácea o negruzca de la que deriva su nombre (Laboratorio de Materiales, 2007).

La fundición gris contiene normalmente de C 2,5% a 4% y Si 1% a 3%, más manganeso, fósforo y azufre (Laboratorio (A), 2007).

La matriz de la fundición gris y la del acero son similares, donde el carbono se combina con hierro para formar el carburo de hierro un componente muy duro y frágil, y también el carbono forma placas alternadas con láminas de ferrita originando una estructura perlítica, que es más suave que el carburo de hierro puro (Production Machining, 2007).

Por consiguiente, las fundiciones grises contienen el grafito de escama en las estructuras de matriz que se extienden de perlita a perlita más ferrita. La estructura de la matriz influye en características de manufacturabilidad, de fuerza, de dureza, de desgaste. Por ende, una matriz completamente perlítica tendrá generalmente las mejores características mecánicas y será fácilmente laborable (Peterson Steel, 2007). El color de los componentes al microscopio son: negro-grafito, blanco-ferrita y grisáceo-perlita (Laboratorio (B), 2007).

Las fundiciones grises que son aleaciones hipoeutécticas (CCMIM, 2007) se obtienen en esferitas perfectas (Sinter Cast, 2007), y a temperatura ambiente se adquiere una estructura de cristales de perlita embebidos en una matriz de ferrita (Wikipedia, 2007).

El proceso de colada continua depende de factores como del espesor, de la concetricidad del borde solidificado de la barra, del control de enfriamiento rápido para disolver puntos microscópicos duros (Production Machining, 2007).

Entre los defectos microscópicos se tiene la estructura dendrítica, que se forma en el primer proceso de solidificación cuando la temperatura del líquido es muy cercana a la de cristalización, la que permite que se formen núcleos que comiencen a crecer en todas partes y en diferentes direcciones, quedando en su interior líquido atrapado (Laboratorio de Materiales, 2007).

Una desventaja del grafito en hojuelas es que son concentradores de tensiones (Universidad de Cambrided, 2007), pero entre las ventajas se tienen que aleja al calor de la interfaz del objeto y que reduce la fricción en la pieza durante operaciones de corte. La propiedad de resistencia al desgaste aumenta con la cantidad de carbono combinado, pero la manufacturabilidad disminuye (Production Machining, 2007).

Las piezas de fundición gris se caracterizan por colarse de muy diferentes tamaños y complejidades, resistentes a la corrosión, pero no pueden ser sometidas a deformación plástica y son poco soldables (Laboratorio (A), 2007).

La resistencia a la fatiga es influenciada por el tamaño y la forma del grafito y por la estructura de la matriz (Durabar (C), 2007).

Por el tipo de distribución del grafito en la fundición gris se clasifica en A, B, C, D y E (Laboratorio (B), 2007) según la norma ASTM¹ A247-67, para analizarlo el procedimiento más simple consiste en obtener microfotografías a 100X de probetas con pulido espejo y sin ataque químico (Laboratorio (A), 2007). Algunas características según el tipo de distribución son:

- El tipo A de tamaño pequeño aumenta la ductilidad del grafito como resultado de no interrumpir la continuidad del material (Ingenierías, 2007).
- El tipo A en una matriz perlítica, posee óptima dureza para ser aplicada donde se requiere alta resistencia y buena respuesta a tratamientos térmicos.

¹ ASTM (American Society for Testing and Materials)

- Tipo A en una matriz más perlítica con una menos ferrítica, es seleccionada por excelente maquinabilidad y acabado superficial.
- El tipo D en una matriz de perlita y ferrita, esta especificación fue desarrollada originalmente para la industria de moldes para vidrio donde se requieren una estructura fina del grano y maquinabilidad superior final. El crecimiento dimensional debido a los ciclos repetidos de calentamiento y de enfriamiento es mínimo debido al tamaño más pequeño de escama de grafito en una estructura ferrítica de la matriz, por consiguiente, este tipo no se crea para endurecerse (Peterson Steel, 2007). Los porcentajes de los elementos consiste en C 2,60%-3,75%, Si 2,30%-3,00%, Mn 0,10%-0,35%, S 0,025% máx, P 0,10% máx y el titanio que se agrega como un inoculador para producir el tipo D. La microestructura contendrá el tipo VII, tamaño 6-8, según lo definido en ASTM A247 (Durabar (A), 2007).

B. Fundición Nodular

La fundición nodular fue desarrollada en los años 1940 y se reconoció extensamente como material antes de 1960 (Peterson Steel, 2007).

La fundición nodular es conocida como hierro dúctil, en la cual el grafito está presente en forma de bolitas pequeñas o de glóbulos, en vez de láminas. La composición de un hierro nodular sin alear es similar a una fundición gris y es aproximadamente C 3% a 4,10%, Si 1,80% a 2,80%, Mn 0,80% máx, P 0,10% máx, S 0,03% máx. La estructura de grafito esferoidal es producida por la adición de uno o más elementos al metal fundido, como el magnesio, el cerio, el calcio, el litio, el sodio (Aceros Arequipa, 2007). Este tipo de estructura tiene menos discontinua la matriz, por lo tanto, mejora sus propiedades mecánicas (Laboratorio de Materiales, 2007).

C. Aceros

Acero es la aleación de hierro y carbono, donde el C no sobrepasa el 2% en peso de la composición (Wikipedia, 2007).

La alotropía es el cambio de fase que ocurre en el estado sólido según aumenta o disminuya la temperatura, el hierro es un elemento alotrópico, que cambia su estructura

durante el proceso de solidificación. Existen dos fases esenciales en la formación de aceros que son ferrita y cementita (Laboratorio de Materiales, 2007).

Influencia de los elementos de aleación en las propiedades de los aceros²:

- Aluminio: se emplea en los aceros nitrurados en 1%, como desoxidante, los aceros aleados en calidad lo contienen desde 0,001% a 0,008%, ayuda a obtener grano fino.
- Boro: aumenta la capacidad de endurecimiento cuando el acero está totalmente desoxidado, de los elementos aleados es el más efectivo para templar. Se utiliza en porcentajes de 0,0001% a 0,0006%.
- Cobre: se emplea para mejorar la resistencia a la corrosión de aceros de C 0,15% a 0,30%, que se usan para grandes construcciones metálicas, se utiliza en porcentajes de 0,40% a 0,50%.
- Cobalto: endurecedor y mejora la dureza en caliente, disminuye la templabilidad al mover el punto eutectoide a la derecha, elemento poco habitual en los aceros, se utiliza para aceros refractarios, aumenta las propiedades magnéticas. El cobalto se emplea en los aceros rápidos al wolframio de máxima calidad en porcentajes de 3% a 10%.
- Cromo: se emplea en cantidades desde 0,30% a 30%, sirve para aumentar la dureza, la inoxidabilidad, la refracción, la resistencia a la tracción y al desgaste, mejora la templabilidad, impide las deformaciones en el temple.
- Manganeso: se añade para neutralizar la influencia del azufre y del oxígeno, se usa como desoxidante y en la solidificación del acero evita que se desprendan gases que den lugar a porosidades perjudiciales, se usa en porcentajes de 0,30% a 0,80%.
- Nitrógeno: se agrega para promover la formación de austenita.
- Estaño: se utiliza para recubrir láminas muy delgadas que conforman la hojalata.
- Molibdeno: aumenta la profundidad de endurecimiento del acero y la tenacidad, mejorar la resistencia a la corrosión, a la tracción y a la templabilidad. El molibdeno se disuelve en la ferrita, pero tiene una fuerte tendencia a formar carburos. Es un potente estabilizador de los carburos complejos y tiende a retardar el ablandamiento de los aceros, durante el revenido.
- Níquel: evita el crecimiento del grano en los tratamientos térmicos, lo que sirve para causar gran tenacidad, hace descender los puntos críticos, por ello los tratamientos térmicos

² Bibliografías usadas: Utp.edu, 2007, Wikipedia, 2007 e INFOACERO, 2007.

pueden hacerse a temperaturas ligeramente más bajas. Se utiliza en la fabricación de aceros inoxidable y resistentes a altas temperaturas, con cantidades de 8% a 20%. Es el principal formador de austenita, que aumenta la tenacidad y la resistencia al impacto.

- Plomo: no se combina con el acero, se encuentra en él en forma de pequeñísimos glóbulos, como si estuviese emulsionado, lo que favorece la fácil mecanización por arranque de viruta por ser un buen lubricante de corte, el porcentaje oscila entre 0,15% a 0,30%.
- Silicio: aumenta la templabilidad, es desoxidante para evitar que aparezcan poros y otros defectos internos, se utiliza en porcentajes de 0,20% a 0,34%.
- Titanio: se usa para estabilizar, afinar el grano y desoxidar el acero.
- Wolframio: forma complejos muy estables y duros, soportando altas temperaturas, en porcentajes de 14% a 18%. También se usa para la fabricación de aceros para imanes.
- Vanadio: acción desoxidante y forma carburos complejos con el hierro, que proporcionan una buena resistencia a la fatiga y a la tracción, y propiedades de corte en los aceros para herramientas (mayor a 0,02%), tiende a afinar el grano y a disminuir la templabilidad, genera gran resistencia al ablandamiento por revenido.
- Zinc: produce chapas de acero galvanizado.

Impurezas del acero:

- Azufre: un máximo de 0,04%, forma sulfuro de hierro que en conjunto con la austenita da lugar a un eutéctico cuyo punto de fusión es bajo y que aparece en bordes de grano, por ende, cuando se lamina en caliente el eutéctico se encuentra en estado líquido y provoca el desgranamiento del material. Cuando el porcentaje de azufre es alto puede causar poros en la soldadura, sin embargo, algunas veces se agrega voluntariamente en grandes cantidades 0,06% a 0,30% para aumentar la maquinabilidad.
- Fósforo: un máximo de 0,04%, es perjudicial por disolverse en la ferrita disminuyendo la ductilidad y por formar fosfuro de hierro, este compuesto junto con la austenita y la cementita forman un eutéctico ternario denominado esteadita, que es muy frágil y con un punto de fusión bajo apareciendo en bordes de grano. Sin embargo, en ocasiones se agrega para aumentar la resistencia a la tensión y mejorar la maquinabilidad.

El sistema SAE-AISI clasifica a los aceros con cuatro dígitos XXXX, los primeros dos números se refieren a los dos elementos de aleación más importantes y los dos o tres

últimos dígitos dan la cantidad de carbono presente en la aleación. Las nominaciones para el primer dígito son: 1-manganeso, 2-níquel, 3-níquel-cromo (Cr principal aleante), 4-molibdeno, 5-cromo, 6-cromo-vanadio, (Cr principal aleante), 8-níquel-cromo-molibdeno (Mo principal aleante), 9-níquel-cromo-molibdeno (Ni principal aleante), (Utp.edu, 2007).

D. Tratamientos Térmicos (TT)

Son procesos que utilizan la temperatura como magnitud variable modificadora de la microestructura y de la constitución de metales y aleaciones, pero sin alterar la composición química (Educajob, 2007). Al realizar un tratamiento térmico se debe saber la forma, tamaño, composición química y propiedades del material (Laboratorio de Materiales, 2007). En la Figura No.4 se observa el diagrama hierro carbono, que se necesita para analizar los tratamientos térmicos.

La clasificación de los tratamientos térmicos consiste en: TT termofísicos y TT termoquímicos, donde el primer tipo se subdivide en:

- Temple Austenizado: reside en calentar el material hasta la temperatura de austenización durante un tiempo, luego se enfría, con agua, aceite o aire, para que se convierta de austenita a martensita.
- Recocido Total: consiste en calentar un material a una temperatura determinada durante un tiempo, y consecutivamente, se enfría lentamente, para reducir la dureza, eliminar tensiones residuales, mejorar la tenacidad, recuperar la ductilidad, afinar el tamaño del grano, reducir la segregación o bien alterar las propiedades mecánicas, eléctricas o magnéticas del material.
- Recocido Normalizado: se realiza calentando el material a una temperatura entre 55°C a 85°C, luego de un tiempo que se convierta la ferrita en austenita, se enfría al aire. Se aplica a los aceros que se han deformado plásticamente y tienen una microestructura perlítica con tamaños grandes e irregulares de grano, para que disminuyan el tamaño y logren una distribución uniforme.
- Revenido: se aplica consecutivamente al temple, para eliminar la fragilidad y las tensiones ocasionadas. Consiste en calentar las piezas a una temperatura inferior donde la martensita se transforme en una estructura más estable, luego se enfría (Educajob, 2007).

E. Aleaciones de Cobalto

Desde hace 30 años Deloro Stellite, fabricante de aleaciones de cobalto, ha fabricado productos para la industria del vidrio, como las aleaciones de Stellite® 6, Stellite® 12, Stellite® 21, Deloro® 40G, Deloro® C30, Deloro® C44 y Deloro® C41 (Stellite (B), 2007).

La aleación Stellite® 6 tiene la composición química de Co balance, Ni 3% máx., Fe 3% máx., C 1,2%, Cr 28%, Mn 1,0%, Si 1,1% y W 4,5%. La dureza es de 40HRC, tiene excelente resistencia mecánica y a la degradación química, propiedades anticorrosivas por frotamiento que producen una dureza elevada a 800°C (Stellite(C), 2007), y resistencia al impacto, a la cavitación y a la erosión (Stellite (A), 2007).

La aleación Stellite® 6B tiene la composición química de Co balance, Ni: 3% máx., Fe 3% máx., C 1,1%, Cr 30%, Mn 1%, Mo 1,5%, Si 2,0%, W 4,5%. La dureza es de 33HRC a 40HRC, tiene propiedades anticorrosivas por frotamiento, un coeficiente bajo de fricción y una resistencia a la oxidación (Stellite (D), 2007).

La aleación Stellite® 12 tiene la composición química de Co balance, Ni 2,5% a 3% máx., Fe 2,5%, C 1,4% a 1,85%, Cr 29% a 29,5%, Mn 1%, Si 1% a 1.5%, W 8,5% a 9%. La dureza es de 47HRC a 48HRC, retiene la dureza a 950°C (West Rode, 2007), resistencia a la corrosión, al desgaste y a la abrasión (Deloro Stellite Group, 2007).

F. Aleaciones de Níquel

En 1937, dos ingenieros metalurgistas de California, Norman Cole y Walter Edmonds, patentaron una aleación que llamaron Colmonoy, de COLe, EdMONdsy alloY, con base níquel que contiene boridio de cromo. La dureza similar al diamante de los cristales de cromo–boro protege a las piezas contra el desgaste (Taller, 2007), las ventajas de utilización son: costes más bajos de reparación y de reemplazo, menor tiempo muerto, y productividad creciente (Colmonoy (D), 2007).

En la industria del vidrio se suelda con Colmonoy 200-Series los moldes de fabricación de los envases (Colmonoy (A), 2007).

La aleación Colmonoy® 4 tiene una composición química de C 0,40%, Si 2,30%, Cr 10%, Fe 2,50%, B 2,20%, Ni balance, con una dureza de 35HRC a 40HRC, una densidad de 8,39gm/cm³, temperatura de fusión de 1050°C, con resistencia a la abrasión, a la corrosión y al impacto (Colmonoy (B), 2007).

La aleación de Colmonoy® 226 tiene una composición química de B 0,80%, Si 2,20%, P 1,9%, Ni balance, con una dureza de 16HRC a 21HRC, densidad de 8,58gm/cm³, temperatura de fusión de 935°C, con resistencia a la abrasión, a la corrosión y al impacto. Diseñada para la protección y la restauración del molde del envase de vidrio (Colmonoy (C), 2007).

Otra aleación comercial a base de níquel es Dameron®, las aleaciones se crean usando elementos crudos y se analizan con espectrofotómetros y con durómetros para que cumplan con los estándares de calidad de ISO 9001:2000 (Dameron (B), 2007).

Dameron® es utilizada para moldes de vidrio con dos tipos de aleaciones, la primera es la número 30 con Si 3%, B 1,75% y Ni balance, con dureza de 26HRC a 30HRC. La segunda aleación es la número 40 con Si 3,25%, B 2,35% y Ni balance, con dureza de 35HRC a 40HRC (García, 1997).

G. Aleaciones de Cobre

Un proveedor de productos para la industria de recipientes de vidrio alrededor del mundo es Erie Bronze (PAGIS, 2007), que trabaja con estándares de calidad, por ende, se inspecciona cada cucharón vertido vía espectrofotómetro, se calibran los dispositivos de medición (Erie Bronze (E), 2007) y se certifica la composición química (Erie Bronze (A), 2007).

Erie Bronze produce la aleación no ferrosa a base de cobre Eballoy®, es una familia diseñada para mejorar la resistencia al desgaste, a la corrosión y a la conductividad térmica en las aplicaciones de moldes para vidrio, inclusive en coronas, fondos y agarraderas exteriores. También se produce comercialmente insertos de níquel en las coronas para aumentar la vida del área de acabado, con durezas de 30HRC a 44HRC (Erie Bronze (B), 2007). Las aleaciones de bronce Eballoy® que se utilizan en la industria del vidrio son:

Eballoy 700® tiene una composición química de Pb 0,1%, Zn 8,5%, Ni 15%, Fe 0,9%, Al 9,5%, Cu 66%, con una dureza de 180HB a 210HB. Se utiliza en elevadas temperaturas, con resistencia al desgaste y a la corrosión, para fabricación de coronas con inserto de níquel y fondos. Se recomienda evitar usar un limpiador basado en azufre porque ocasiona una reacción de dezincificación, produciendo hoyos en la superficie (Erie Bronze (D), 2007).

Eballoy 690® tiene una composición química de Ni 4%, Fe 4%, Al 10,5% y Cu 81%, con una dureza de 190HB a 220HB, material utilizado a elevadas temperaturas controlando la transferencia de calor, con una habilidad de consistencia lineal con la expansión térmica durante ciclos de calentamientos y enfriamientos, aunque es ligeramente más susceptible a la corrosión con sulfuro que el Eballoy® 700, por consiguiente se recomienda evitar usar un limpiador basado en azufre porque ataca al aluminio y provoca una textura como de piel de gallina en la superficie (Erie Bronze (C), 2007).

Eballoy 728® es similar a Eballoy® 700 con un porcentaje de silicio más alto para satisfacer el aumento de maquinado, esta aleación se usa en coronas y moldes (Erie Bronze (B), 2007).

H. Metalografía

El análisis o ensayos metalográficos se utilizan para identificar las fases presentes en los metales, los mecanismos de formación de esas fases, tratamientos térmicos recibidos y/ o mecánicos. (Conejo, 2007).

La probeta metalográfica o muestra es la parte que se separa con una herramienta de corte de la pieza para ser sometida a análisis. Entre los factores que influyen se tiene:

- El tamaño de la muestra es pequeño, que pueda ser agarrada con la mano o con pinzas, y sino se engasta en resinas plásticas.
- El aumento de la temperatura en el momento del corte se debe de controlar, porque puede causar cambios estructurales.
- Las resinas plásticas no deben ablandarse, ni reaccionar con los reactivos químicos y con el metal, y deben ser aislantes eléctricos.

Preparación de la muestra:

- Desbaste: consiste en someter la cara elegida de la pieza a la acción de un papel abrasivo. El proceso consiste en ejercer presión de la probeta contra la lija cuando se avanza hacia adelante y en elevar la probeta cuando se retrocede, la probeta debe ser lubricada con agua, quedar plana y la nueva textura debe orientarse en el mismo sentido. Los tipos de desbaste son grosero que utiliza lijas 220 y 320, y fino que usa lijas 400 y 600, cuando se cambia de una lija a otra, se debe girar la cara desbastada 90°.
- Pulido: consiste en eliminar las rayas muy finas dejadas en la etapa de desbaste, para producir una superficie espejo. El equipo utilizado es una pulidora metalográfica, con paños abrasivos, los cuales se mojan con un abrasivo en suspensión acuosa. Los abrasivos son partículas pequeñas muy frágiles, con aristas y vértices cortantes. El pulido se realiza del centro a la periferia y contrario al movimiento del disco.
- Ataque: consiste en someter la cara pulida de la pieza a la acción de un reactivo químico. El reactivo dependerá del metal utilizado y se va a disolver primero en los bordes de grano, definiéndolos; esto sucede porque allí se encuentran las impurezas. Si el material tiene una sola fase el reactivo actúa uniforme sobre los granos. Si tiene dos fases el reactivo actúa más intensamente sobre una que sobre la otra, dando origen a regiones distintas (Laboratorio de Materiales, 2007).

I. Dureza

La dureza es la resistencia que opone un material al ser indentado permanentemente por otro (Conejo, 2007). Algunas escalas de dureza son:

- Dureza Brinell (HB): el indentador es una esfera de acero duro con un diámetro máximo de 10mm. El ensayo consiste en dejar una huella en la muestra con el indentador, con la ayuda del microscopio se mide el diámetro de la huella y de acuerdo a las tablas se identifica el grado de dureza del material. La dureza viene dada por la relación de la carga o presión sobre la esfera entre el área de la superficie de la huella (Larburu, 1991).
- Dureza Vicker (HV): el indentador utilizado es de base cuadrada que en sus caras opuestas forman un ángulo de 136°. Las cargas aplicadas van de 1kg a 120kg. El ensayo consiste en dejar la huella del indentador en la pieza, con la ayuda del microscopio medir las diagonales de la huella y se calcula un promedio utilizando la fórmula $HV=1.854P/d^2$.

- Dureza Rockwell: mide la diferencia de indentación que hay al aplicar una precarga inicial y una carga final. Se clasifican en:
 - Dureza Rockwell B (HRB): se utiliza en materiales de baja dureza.
 - Dureza Rockwell C (HRC): se utiliza en materiales de alta dureza (Laboratorio de Materiales, 2007).

J. Fluorescencia de Rayos X

El método consiste en que los electrones se encuentran en el átomo distribuidos en los distintos niveles y subniveles de energía, ocupando primero los de menor energía. Entonces, se bombardean estos átomos con un haz de electrones o con fotones de rayos X, una pequeña parte de la energía se convierte en el espectro característico de los elementos que componen la muestra bombardeada. Los pasos detallados del proceso son:

- Excitación: el choque de un fotón incidente con un electrón de las capas internas del átomo, produce la expulsión de dicho electrón quedando el átomo en estado de excitación.
- Emisión: este átomo en estado de excitación tiende a volver inmediatamente a su estado de equilibrio, produciéndose saltos de electrones de niveles más externos para cubrir el espacio vacante. En este proceso hay un desprendimiento de energía, igual a la diferencia de energía de los niveles entre los que se produce el salto electrónico, en forma de radiación electromagnética correspondiente a la región de rayos X. Al ser, las energías de los distintos niveles electrónicos características para cada tipo de átomo, la radiación X emitida será característica para cada de elemento.

En consecuencia, si se identifica la longitud de onda o energía de cada una de estas radiaciones características se conocerá los elementos que componen la muestra, y si se mide sus intensidades se obtendrá sus respectivas concentraciones (UNED, 2007).

III. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Para desarrollar el presente proyecto se desarrolla la metodología general que se observa en el esquema de la Figura No.5.

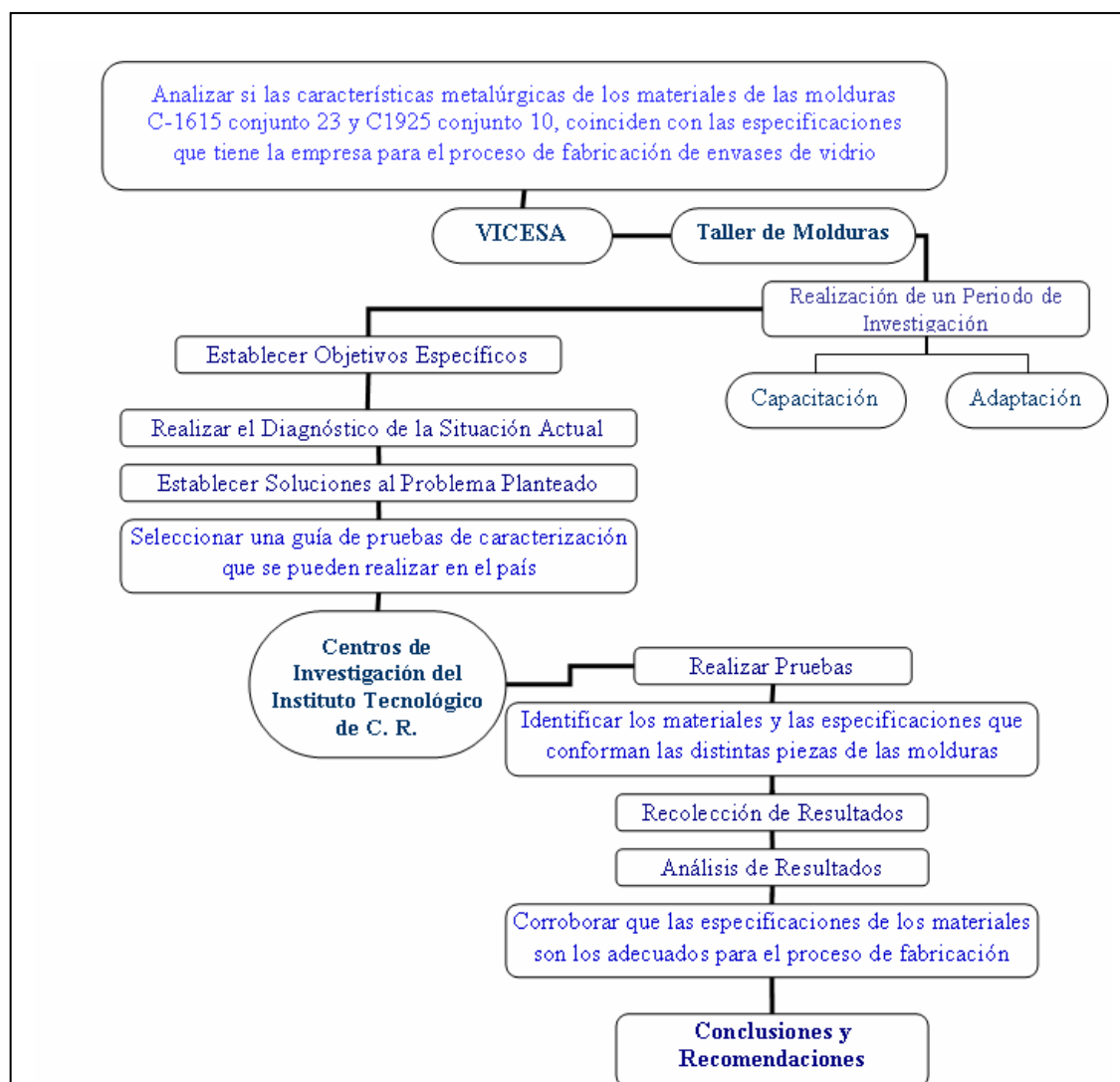


Figura No.5: Esquema de la metodología general

Para analizar si las características metalúrgicas de los materiales de las molduras C-1615 conjunto 23 y C-1925 conjunto 10, coinciden con las especificaciones que tiene la empresa para el proceso de fabricación de envases de vidrio, se deben de seguir una secuencia de pasos, a fin de alcanzar este objetivo general.

En consecuencia, como primer paso se conoce sobre la empresa la misión, la visión, los antecedentes históricos, la estructura organizativa, los mercados de exportación, la descripción general del proceso productivo de la planta, enfocándose en el proceso de formación del envase, con el objetivo de comprender la función de las molduras C-1615 y C-1925.

Como segundo paso, se establecen los objetivos específicos del proyecto junto al diagnóstico de la situación actual, por medio de:

- Una realización del estado de la cuestión con una metodología que debe permitir, determinar y evaluar el tema. Por ende, para la elaboración de un diagnóstico de la situación actual se procede a una búsqueda literal.
- Producto de lo anterior se reconoce cuales normas se deben aplicar, para realizar una tipo de prueba de analisis, por ende, se buscan y se adquieren de una biblioteca nacional. Luego, se traducen y se analizan, pero se detecta la necesidad de comprar un adjunto a la norma ASTM A247-67.
- Un analisis de la manera de funcionamiento del Taller de Molduras.
- Una toma de decisión de cuáles molduras se analizan y la cantidad de conjuntos que se requiere, por ende se identifica el fabricante de estas molduras.
- Una búsqueda de la forma de seleccionar las piezas de las molduras, por ende se establecen los criterios para muestrear las molduras y se definen a cuales piezas se les realiza el muestreo. Luego, se recolecta la información y se realiza el muestreo.

Como tercer paso, se establecen las soluciones al problema planteado, a través de:

- Una selección de una guía de pruebas de caracterización que se pueden realizar en el país, donde se contacta a centros de investigación, como el CEQIATEC y el Taller de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales.
- Producto de lo anterior, se realiza un analisis económico de acuerdo a los precios dados por los centros de investigación, y luego de este, se procede a aceptar el valor a pagar del analisis económico por parte del asesor industrial.

- Por lo tanto, culminado el muestreo y el análisis económico, se procede a la recolección de las piezas de análisis del Almacén de Molduras para ser trasladadas a los centros de investigación.

Como cuarto paso, se procede a realizar los diferentes análisis de pruebas a cada una de las piezas de prueba, al mismo tiempo se recolectan los resultados obtenidos, por ende, se identifican los materiales y las especificaciones que conforman las distintas piezas de las molduras.

Como quinto paso, se digitan los resultados y un informe, para poder analizarlos y para corroborar que las especificaciones de los materiales son los adecuados para el proceso de fabricación.

Como sexto y último paso, se establecen las conclusiones y las recomendaciones del proyecto.

IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A. Antecedentes

Para la realización del presente proyecto se necesita de una investigación de fuentes bibliográficas para desarrollar un estado de la cuestión, para tener información específica, detallada y actualizada sobre la fabricación de molduras para la elaboración de envases de vidrio.

La causa corresponde a que la empresa VICESA posee referencias de manuales de capacitación y fabricación que fueron realizados en los años de 1985 y 1997.

Por ende, la realización de un estado de la cuestión ayuda al análisis de la descripción actual sobre el tema de fabricación de molduras para la elaboración de envases de vidrio, para respaldar, verificar, orientar y limitar la información, para realizar el proyecto con una sólida base de datos.

La investigación de fuentes bibliográficas para desarrollar un estado de la cuestión se realiza con los siguientes pasos secuenciales:

- Primero se inicio con una búsqueda interna dentro de la empresa VICESA, por medio de manuales, conocidos como CATVE, consultas a los trabajadores de la empresa y con inspecciones visuales.
- Luego, con base en la información anterior, se procedió a una búsqueda externa: Internet y visitas a las bibliotecas de universidades estatales como la Biblioteca Federico Tinoco, en la Universidad de Costa Rica Sede Rodrigo Facio y la Biblioteca José Figures Ferrer, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Ubicados los temas relacionados con la fabricación de molduras para la elaboración de envases de vidrio, se realiza la revisión sistemática. Donde, no es necesario hacer resúmenes de todo el escrito, sino se sintetiza las frases de investigación importantes.
- Posteriormente, al realizar el análisis de las fuentes informáticas se alcanza los objetivos de verificación, orientación y de actualización de la información. De forma resumida se diagnóstica:

- Las referencias de los materiales de fabricación de las molduras de vidrio dadas en los CATVE están vigentes, y que se han desarrollado más estudios y publicaciones de las propiedades mecánicas, físicas, térmicas y químicas de estos.

- Los estudios de investigación sobre el proceso de fabricación de molduras para vidrio, a nivel nacional no han sido desarrollados, y a nivel internacional son estudios realizados por los fabricantes de las molduras.

- La empresa Perego no ofrece información sobre propiedades y composición química de los componentes de las molduras.

- Las normas necesarias para realizar el análisis de las piezas de fundición gris de las molduras son: la ASTM A247-67: método estándar de prueba para evaluar la microestructura del grafito en fundiciones de hierro y la ASTM E3-01: guía estándar para la preparación de especímenes metalográficos.

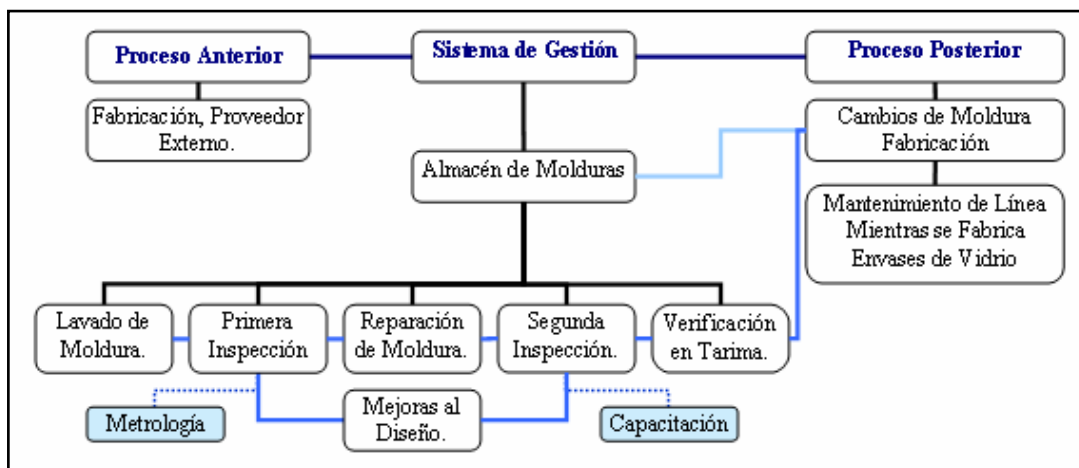
B. Funcionamiento del Taller de Molduras

El Taller de Molduras tiene el objetivo de “reparar y dar mantenimiento a la moldura y equipo que ingresara al proceso productivo, cumpliendo con el diseño establecido”, y el alcance de “realizar el objetivo desde la recepción de la moldura proveniente de fabricación o proveedor externo, hasta su ingreso al proceso productivo”. El responsable principal es el Jefe de Molduras y el secundario es Gerente de Manufactura.

El proceso de mantenimiento de molduras funciona con los siguientes parámetros:

- Ambiente de trabajo: iluminación, orden y limpieza.
 - Infraestructura: taller, almacén, sala de reuniones, equipo de cómputo.
 - Entradas al proceso: hoja de cambios, moldura, equipos, requerimientos de cambios, historial de molduras, reportes de inspección.
 - Variables críticas: tolerancias de diseño de piezas mecánicas.
 - Indicadores principales: tiempo muerto e impacto a cambios.
 - Mejora continua: documentación de las historias de moldura.
 - Procedimientos del proceso: para un conjunto de moldura o para un lote de coronas³
- se describe en la Figura No.6.

³ La solicitud al fabricante de lotes de coronas y de conjuntos de molduras es independiente.



Fuente: Alvarado, 2007

Figura No.6: Procedimientos del proceso del Taller de Molduras

De acuerdo a la figura anterior se define carrera como el recorrido de un conjunto o lote desde el proceso de lavado hasta el proceso de cambios de moldura en fabricación, en consecuencia, un lote o un conjunto retornan al almacén cuando terminada una carrera.

- Salidas del proceso: requerimientos de diseño de moldura según especificaciones (Alvarado, 2007).

C. Descripción de las Molduras

Para la descripción de las características generales de las molduras que se analizan en el presente proyecto se muestra el Cuadro No.1.

Una característica importante que se describe en el cuadro es que el fabricante de las molduras o lotes de coronas es el mismo para los tipos de molduras, por consiguiente, se pueden establecer conclusiones de caracterización de materiales para el proveedor.

De igual forma, se presenta el Cuadro No.2 para cada una de las piezas de las molduras la descripción de la función que cumplen en el proceso de fabricación y la especificación de los materiales solicitados al fabricante por el área de diseño

Se observa el tipo de envase obtenido del proceso de fabricación con la C-1615 en la Figura No.7 y con la C-1925 en la Figura No.8.

Cuadro No. 1: Características Generales de las Molduras C-1615 y C-1925

Características	C-1615	C-1925
Conjunto	23	10
Proceso	PSBA, 57	PS, 22
Máquina	104	204
Horno	100	200
Producto	Cerveza Red Stripe 12 oz.1	Colados Gerber 4oz - Paso 2
Fabricada por	Perego	Perego
CV	1	3
Corona	26-600 PSBA	51-2200 SPE, PS
No. de Carreras	2	2
No. de Inspecciones	2	3
Estado	Desechadas	Desechadas

Fuente: Alvarado, 2007

Cuadro No. 2: Descripción del Tipo de Material de Cada Pieza

Pieza	Definición	C-1615	C-1925
Molde	Da forma al envase en su acabado final	Fo Vo (Fundición Gris)	Fo Vo (Fundición Gris)
Fondo	Se une con el molde, da forma a la base	Fo Vo (Fundición Gris)	Fo Vo (Fundición Gris)
Bombillo	Da preforma al envase externamente	Fo Vo (Fundición Gris)	Fo Vo (Fundición Gris)
Obturador	Se une al bombillo, da preforma externamente	Fo Vo (Fundición Gris)	Dameron Fo Vo
Enfriador	Se une al pistón, debe disminuir la temperatura	Acero 1020 Rolado en Caliente	Acero 1020 Rolado en Fría
Pistón	Se une a la corona, da preforma internamente	Stellite (Precision Casting)	Dameron 40
Corona	Se une al bombillo y forma boca del envase	Minox + (Hard Welded Full Form)	Minox

Fuente: Alvarado, 2007



Figura No.7: Envase fabricado con C-1615 Figura No.8: Envase fabricado con C-1925

D. Proceso Para Seleccionar las Piezas de Análisis

El proceso para seleccionar las piezas de análisis consiste en un método para muestrear las diferentes piezas del conjunto de cada una de las molduras, para recolectar las muestras que presentan mayor rendimiento de producción y menor número de fallas.

Como primer paso para establecer el método de muestreo se recurre a analizar el área de inspección del Taller de Molduras, donde definen inspección como la examinación de cada una de las partes de la moldura, para determinar si están dentro de las especificaciones, como el tipo de inspección que se realiza es por atributos, se asegura que el producto esté dentro de las tolerancias dimensionales de diseño.

Los resultados de inspección se registran digitalmente y se guardan respaldos escritos del conjunto o lote en fabricación y del anterior.

Como segundo paso se recurre al área de reparación de molduras, y se observa que se recolecta la información de las piezas de las molduras, por medio de documentos escritos por los técnicos mecánicos. Los reportes son denominados como piezas rechazadas o como control de actividades de reparación.

Como tercer paso se solicita la eficiencia obtenida por carrera de cada una de las molduras al departamento de Cambios de Molduras.

Como cuarto paso se construye el método de muestreo de acuerdo a los recursos disponibles en la empresa, por consiguiente, se establecen los parámetros de:

- Criterio 1: Muestreo de “set” de acuerdo al reporte de piezas rechazadas del Taller de Molduras, VICESA.
- Criterio 2: Muestreo de “set” de acuerdo al control de actividades de reparación del Taller Mecánico de Moldura, VICESA.
- Resultados obtenidos por el área de inspección.
- Resultados obtenidos de eficiencia por carrera del departamento de Cambio de Molduras.

La información se suministra por el Comparador del Taller de Molduras, por el Supervisor de Cambios de Moldura, por el Encargado del Almacén y por los Encargados de Inspección.

Como quinto paso se recolecta la información de forma independiente según el tipo de moldura.

Como sexto paso se tabula la información según la carrera o la inspección que se hayan realizado.

Seguidamente, se presenta de forma resumida la información de las carreras de cada una de las molduras:

- Para la C-1615 se utiliza el primer criterio para tabular la información de las dos carreras. En el Cuadro No.3 se presenta la información de la primera carrera, donde se observa que tuvo un rendimiento real de 81,78.

Cuadro No.3: Resumen de Muestreo de Carrera 1, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA				
Set 23 realizo dos carreras:				
Carrera 1	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA	Proceso: PSBA, 57
Máquina: 104	Horno 100	Fabricada por: Perego		CV: 1
Cerveza Red Stripe 12 oz.1				
Fecha de inicio: 13/04/2007			Eficiencia Real: 81,78	
Fecha de final: 09/05/2007				
Un promedio total de: 26 días				
Criterio 1: Muestreo de Set de acuerdo al Reporte de Piezas Rechazadas del Taller de Molduras, VICESA				

- En el Cuadro No.4 se presenta la información de la segunda carrera de la moldura C-1615, donde se observa que tuvo un rendimiento real de 85,72.

Cuadro No.4: Resumen de Muestreo de Carrera 2, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA				
Set 23 realizo dos carreras:				
Carrera 2	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA	Proceso: PSBA, 57
Máquina: 104	Horno 100	Fabricada por: Perego		CV: 1
Cerveza Red Stripe 12 oz.1				
Fecha de inicio: 15/05/2007			Eficiencia Real: 85,72	
Fecha de final: 12/07/2007				
Un promedio total de: 59 días				
Criterio 1: Muestreo de Set de acuerdo al Reporte de Piezas Rechazadas del Taller de Molduras, VICESA				

- Para la C-1925 se utiliza el segundo criterio para tabular la información de las dos carreras. En el Cuadro No.5 se presenta la información de la primera carrera, donde se observa que tuvo un rendimiento real de 87,60.

Cuadro No.5: Resumen de Muestreo de Carrera 1, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA				
Set 10 realizo dos carreras:				
Carrera 1	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS	Proceso: PS, 22
Máquina: 204	Horno 200	Fabricada por: Perego		CV: 3
Colados Gerber 4oz - Paso 2				
Fecha de inicio: 10/05/2007			Eficiencia Real: 87,60	
Fecha de final: 02/06/2007				
Un promedio total de: 24 días				
Criterio 2: Muestreo de Set de acuerdo al Control de Actividades de Reparación del Taller Mecánico de Moldura, VICESA				

- En el Cuadro No.6 se presenta la información de la segunda carrera, donde se observa que tuvo un rendimiento real de 91,90.

Cuadro No.6: Resumen de Muestreo de Carrera 2, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA				
Set 10 realizo dos carreras:				
Carrera 2	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS	Proceso: PS, 22
Máquina: 204	Horno 200	Fabricada por: Perego		CV: 3
Colados Gerber 4oz - Paso 2				
Fecha de inicio: 06/07/2007			Eficiencia Real: 91,90	
Fecha de final: 10/08/2007				
Un promedio total de: 35 días				
Criterio 2: Muestreo de Set de acuerdo al Control de Actividades de Reparación del Taller Mecánico de Moldura, VICESA				

E. Identificación del Fabricante de las Molduras

Perego, industria italiana, la cual se creó en 1964, con métodos artesanales, en 1968 construye una nueva fábrica, aumenta la producción y en 1995 posee dos plantas. Exportaba en el 2001 el 75% de su producción a mercados extraeuropeos y fabricaba de 2800 a 3100 moldes al mes (Perego (A), 2007), con 130 colaboradores y más de 40 máquinas digitales (Perego (E), 2007).

Los productos son los moldes que se usarán en las máquinas IS, moldes para artículos prensados y accesorios (Perego (B), 2007). Para la realización de proyectos utiliza métodos de CAD-CAM, diseña y ofrece servicios en línea (Perego (C), 2007).

Perego se describe por medio de la palabra “moulds”:

- M: moderna tecnología, 450 máquinas de CNC, incluyendo dos robots que sueldan, elegidas cuidadosamente por la gerencia, instaladas en un taller. Los requisitos principales para todas las máquinas son precisión, confiabilidad, seguridad y flexibilidad.

- O: organización, han reestructurado totalmente su organización, de la gerencia mayor al departamento de entrega. Cada pieza única se comprueba durante la etapa de trabajo.
- U: ISO 9001/2000, certificación obtenida en julio de 1995 y renovada en junio del 2002. La compañía ha pasado todas las inspecciones realizadas por el cuerpo de la certificación de DNV, renovado en junio 1998. Esta certificación de calidad permite mejorar los productos racionalizando procedimientos de producción.
- L: diseño (layout), el departamento técnico se equipa de un programa de computación ultramoderno (CAD-CAM) y puede proporcionar la ayuda técnica para diseñar el molde.
- D: entrega (delivery), el potencial tecnológico y la reorganización de la estructura de producción hacen que las entregas aumenten considerablemente.
- S: servicio, la calidad y los servicios de las preventas están siempre en la disposición de los clientes 24 horas al día, 7 días a la semana (Perego (D), 2007).

V. SOLUCIONES AL PROBLEMA PLANTEADO

A. Propuesta de Pruebas de Análisis

Para la determinación de las pruebas de análisis según el tipo de pieza de moldura se propone:

- Espectrofotometría: análisis químico cuantitativo de fundición blanca y aceros al carbono, baja aleación y grado herramienta. Se realiza con un espectrofotómetro de emisión óptica ARL 3460 Metals Analyzer, Figura No.9, junto a una unidad de control de procesamiento. La muestra debe ser plana en las zonas de contacto, permitir el flujo de corriente eléctrica para cerrar el circuito en el momento de la emisión óptica, tener un espesor mayor a 1mm y un área mayor a 600mm².



Figura No.9: Cápsula de análisis del espectrofotómetro

- Fluorescencia de Rayos X: análisis químico cuantitativo de aleaciones no ferrosas. Se realiza con un equipo de marca Niton, Figura No.10. No obstante, los resultados del equipo no contemplan algunos elementos como Al, C, Si, P y S. La muestra debe ser una superficie pulida y con un tamaño mínimo de 10mm por 20mm.



Figura No.10: Equipo de fluorescencia de rayos X

- Dureza: análisis cuantitativo de medición de dureza de metales ferrosos y no ferrosos. Se realiza con equipos de dureza Rockwell (HRC y HRB), denominados durómetros, de marcas Sarret y HR-1504, Figura No.11.



Figura No.11: Equipo de medición de dureza

- Microdureza: análisis cuantitativo de medición de microdureza de metales ferrosos y no ferrosos. Se realiza con el equipo denominado microdurómetro de marca Mitutoyo, Figura No.12, y se obtienen durezas en la escala Vickers.



Figura No.12: Equipo de medición de microdureza

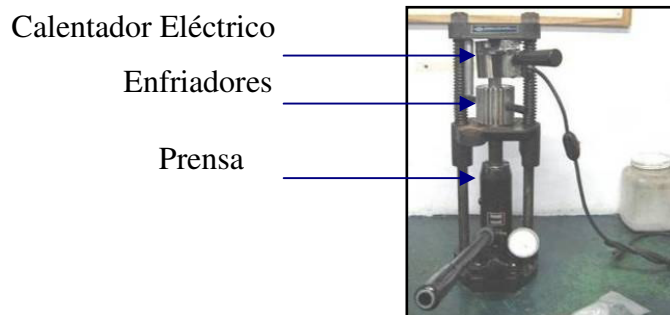
- Metalografía: análisis de estructuras de metales e identificación de materiales. Este tipo de análisis requiere de la utilización de diferentes equipos, los cuales se describen según su función:
 - Equipo de desbaste (marca Buehler), se utiliza para emparejar superficies irregulares después del corte de la pieza con un disco abrasivo de lija 80, Figura No.13.

- Equipo de prensa hidráulica (marca Buehler), se usa para engastar la probeta metálica en una resina polimérica. Figura No.14.



Figuras No.13: Disco de desbaste

- El calentador eléctrico eleva la temperatura y los enfriadores disminuyen la temperatura, ambos equipos se observan en la Figura No.14.



Figuras No.14: Prensa hidráulica con calentador eléctrico y enfriadores

- Para el proceso de desbaste grueso y fino se usa el equipo de la Figura No.15.
- El equipo de la Figura No.16 se utiliza en para pulir la probeta.



Figura No.15: Equipo de desbaste



Figura No.16: Equipo de pulido

- El microscopio metalográfico marca Olympus se utiliza con una ampliación de 100X (10X del objetivo por 10X del ocular), se usa para observar la microestructura de la probeta, Figura No.17.

- Cámara fotográfica digital de 3.2X, marca Canon Power Shot A450, se utiliza para recolectar los resultados obtenidos en el microscopio.



Figura No.17: Microscopio metalográfico

- El análisis cuantitativo por elemento químico, se realiza a las aleaciones ferrosas o no ferrosas. La técnica que se utiliza es adsorción y/o emisión atómica por aspiración directa, de acuerdo con los métodos del “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th ed. 1998 APHA-AWWA-WEF y por el método interno para digestión total de cationes según Manual Perkin Elmer 3300.

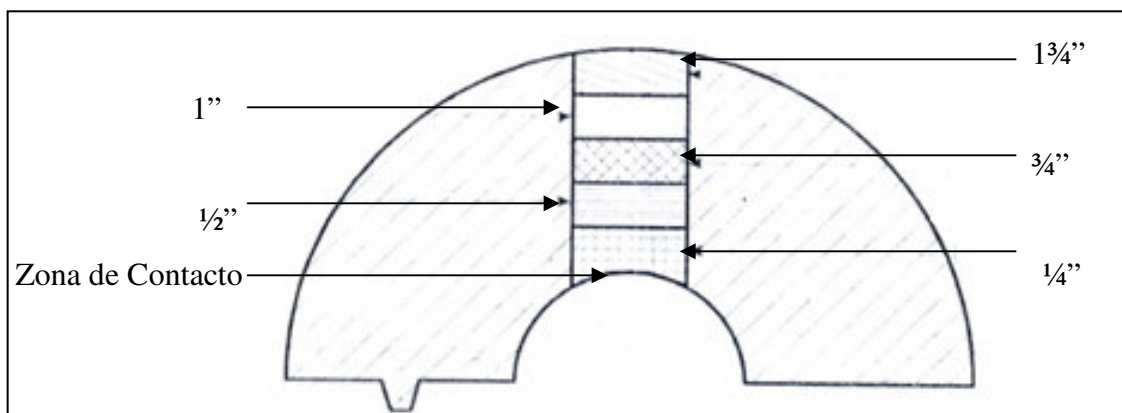
B. Análisis Económico de las Pruebas de Investigación

Se realiza el análisis económico de las pruebas de investigación de acuerdo a:

- Los precios dados por los centros de investigación.
- Las normas ASTM referidas en la bibliografía.
- La indicación dada según García, 1997, para una sección transversal de un molde o bombillo vaciado con templadera, como se observa en la Figura No.18 y en los Cuadros No.7 y No.8⁴.

⁴ Las medidas de longitud se presentan en el sistema inglés, porque la empresa trabaja con estas unidades.

La sugerencia realizada por García, 1997, es fundamental para realizar el análisis comparativo de los resultados obtenidos en las metalografías de los moldes, bombillos, fondos y obturadores, ya que, presenta un patrón de especificaciones del tipo, de la distribución y del tamaño según la Norma ASTM A247-67.



Fuente: García, 2007

Figura No.18: Indicación para realizar la metalografía de un molde o bombillo vaciado con templadera

Cuadro No.7: Tipo de Distribución del Grafito

Distancia (pulg)	Tipo de Distribución
Zona de Contacto	A, E
$\frac{1}{4}$	E
$\frac{1}{2}$	E
$\frac{3}{4}$	A, E
1	A
$1 \frac{3}{4}$	A
Mayor a $1 \frac{3}{4}$	A

Fuente: García, 2007

Cuadro No.8: Tamaño de Distribución del Grafito

Distancia (pulg)	Tipo de Tamaño
Zona de Contacto	7, 8
$\frac{1}{4}$	7, 8
$\frac{1}{2}$	7
$\frac{3}{4}$	5, 6
1	3, 4
$1 \frac{3}{4}$	2, 3
Mayor a $1 \frac{3}{4}$	Laminar 3, 4, 5

Fuente: García, 2007

Cuando se considera y se acepta el análisis económico, se procede a la selección de las piezas de análisis, con base a la cantidad asignada en el presupuesto.

Los resultados de la recolección de las piezas del Almacén de Molduras, se observan en el Cuadro No. 9 para la C-1615 y en el Cuadro No.10 para la C-1925.

Cuadro No.9: Muestras Seleccionadas para la C-1615

Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Molde	25
1615	23	Molde	38
1615	23	Bombillo	16
1615	23	Bombillo	36
1615	23	Obturador	18
1615	23	Pistón	3
1615	23	Pistón	34
1615	23	Enfriador	18
1615	23	Fondo	38
1615	23	Corona	5
1615	23	Corona	8

Cuadro No.10: Muestras Seleccionadas para la C-1925

Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Molde	4
1925	10	Molde	18
1925	10	Bombillo	31
1925	10	Bombillo	37
1925	10	Obturador	21
1925	10	Enfriador	18
1925	10	Fondo	38
1925	10	Corona	25
1925	10	Corona	102
1925	10	Pistón	-
1925	10	Pistón	-

Una vez seleccionadas, las piezas se someten en a un lavado superficial en la máquina “CM Surface Treatment, Modena-Italia”, del Taller de Molduras, Figura No.19.



Figura No.19: Equipo de lavado superficial “CM Surface Treatment”

Luego, solicitando un permiso formal a Gerencia de Producción se retiran las piezas seleccionadas de la empresa VICESA, para trasladarlas a la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales, donde se dispone de un lugar seguro para guardarlas mientras se realizan las pruebas de análisis.

VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La información del capítulo se integra de los resultados recolectados de las diferentes pruebas realizadas según el tipo de pieza, y de los análisis de resultados correspondientes a cada pieza.

A. Resultados de la Moldura de la Cerveza Red Stripe, C-1615, Conjunto 23

Como el objetivo de fabricación de las piezas de cada moldura es generar la forma final del envase, se presenta dibujo de este en la Figura No.20.

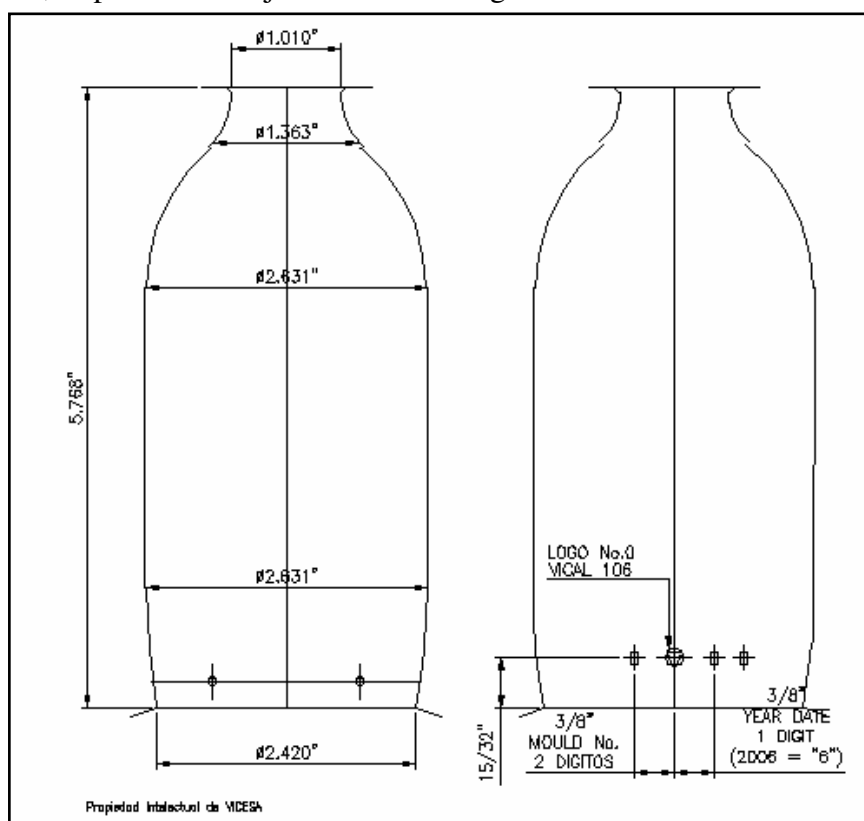


Figura No.20: Dibujo del envase de la Moldura C-1615

Para analizar los resultados obtenidos por los moldes, se demuestra en la Figura No.21 la señalización de las pruebas metalográficas y de la prueba de dureza realizadas al molde 25 y al molde 38.

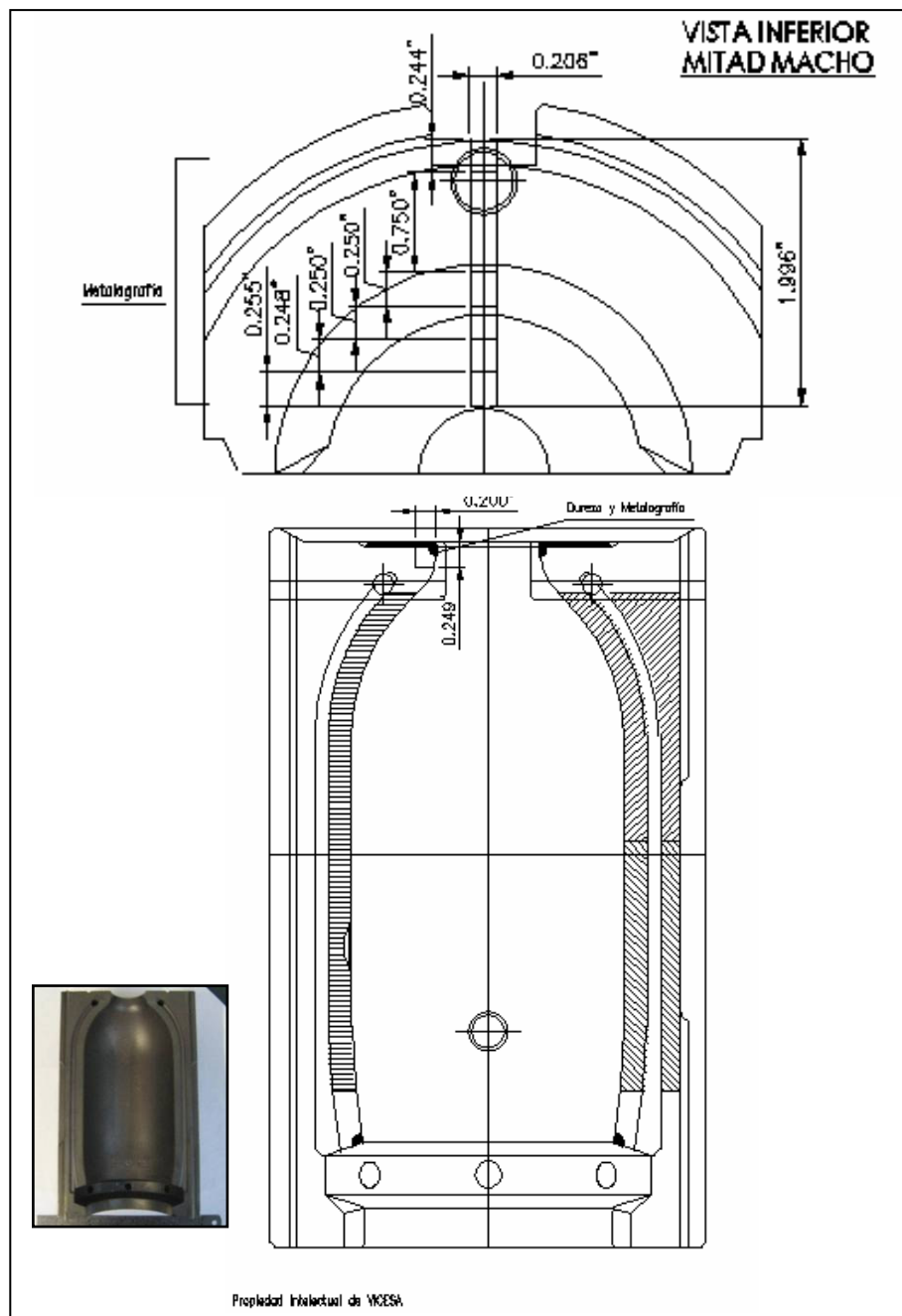


Figura No.21: Dibujo del molde de la Moldura C-1615 y en recuadro fotografía de este.

Molde 25: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.11 junto a las imágenes de las metalografías obtenidas en la Figura No.22.

Cuadro No.11: Resultados del Molde 25, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Molde	25
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (100lbf)
Dureza	1	70,00	Promedio 71,10
	2	70,00	
	3	73,50	
	4	72,00	
	5	70,00	
HRB	HRC	HV	HB
71,10	-	127,92	127,92
Prueba	Metalografía		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación (pulg)
VII	7, 8	D	Zona de contacto a 1/4
VII	7, 8	D	1/4 a 1/2
VII	6, 7	D	1/2 a 3/4
VII	5, 6	D, A	3/4 a 1
VII	4, 5	B, A	1 a 1 3/4
VII	7, 8	D	Zona de contacto

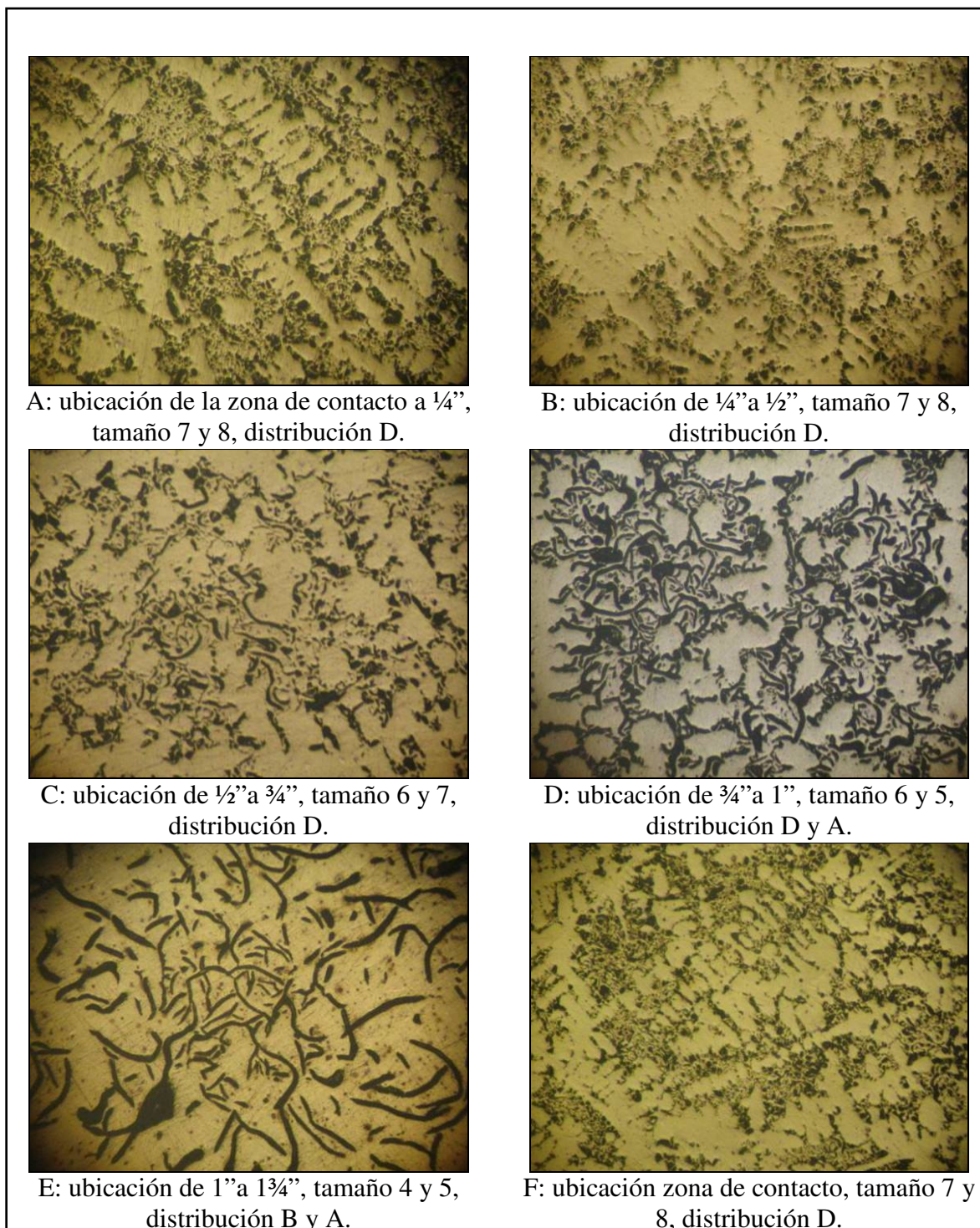


Figura No.22: Metalografías A, B, C, D, E y F a 100X, sin ataque, del molde 25, C-1615; tipo VII, según ASTM A247-67.

Los resultados del molde 25, C-1615 son:

- De acuerdo al Cuadro No.11, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 71,10HRB ó de 127,92HB.
- Conforme al Cuadro No.11 y como se observa en la Figura No.22, se obtiene, una clasificación de metalografías sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito en un molde vaciado con templadera, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris, pero los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño no coinciden con lo especificado en los Cuadros No.7 y No.8.

Molde 38: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.12 junto a las imágenes de las metalografías obtenidas en la Figura No.23.

Cuadro No.12: Resultados del Molde 38, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Molde	38
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (100lbf)
Dureza	1	73,00	Promedio 73,10
	2	73,00	
	3	74,00	
	4	71,50	
	5	74,00	
HRB	HRC	HV	HB
73,10	-	135,69	135,69
Prueba:	Metalografia		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación (pulg)
VII	7, 8	D	Zona de contacto a 1/4
VII	6, 7	D	1/4 a 1/2
VII	6	D	1/2 a 3/4
VII	5, 6	A	3/4 a 1
VII	4, 5	A	1 a 1 3/4
VII	7, 8	D	Zona de contacto

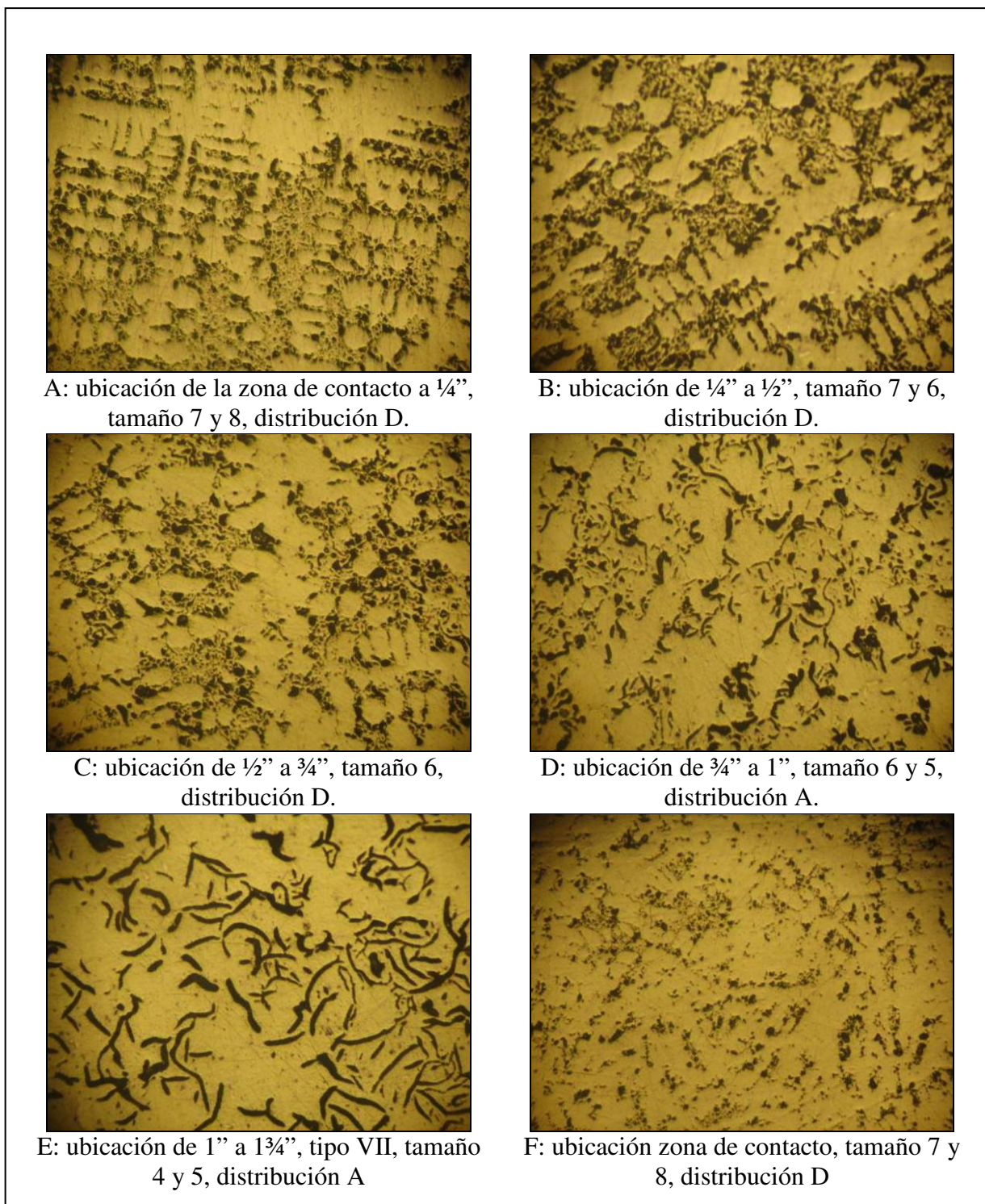


Figura No.23: Metalografías A, B, C, D, E y F a 100X, sin ataque, del molde 38, C-1615; tipo VII, según ASTM A247-67.

Los resultados del molde 38, C-1615 son:

- De acuerdo al Cuadro No.12, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 73,10HRB ó de 135,69HB.

Conforme al Cuadro No.12 y como se observa en la Figura No.23, se obtiene, una clasificación de metalografías sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito en un molde vaciado con templadera, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris, pero los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño no coinciden con lo especificado en los Cuadros No.7 y No.8.

Para analizar los resultados obtenidos por los bombillos, se demuestra en la Figura N.24 la señalización de las pruebas metalográficas y de la prueba de dureza realizadas al bombillo 16 y al bombillo 36.

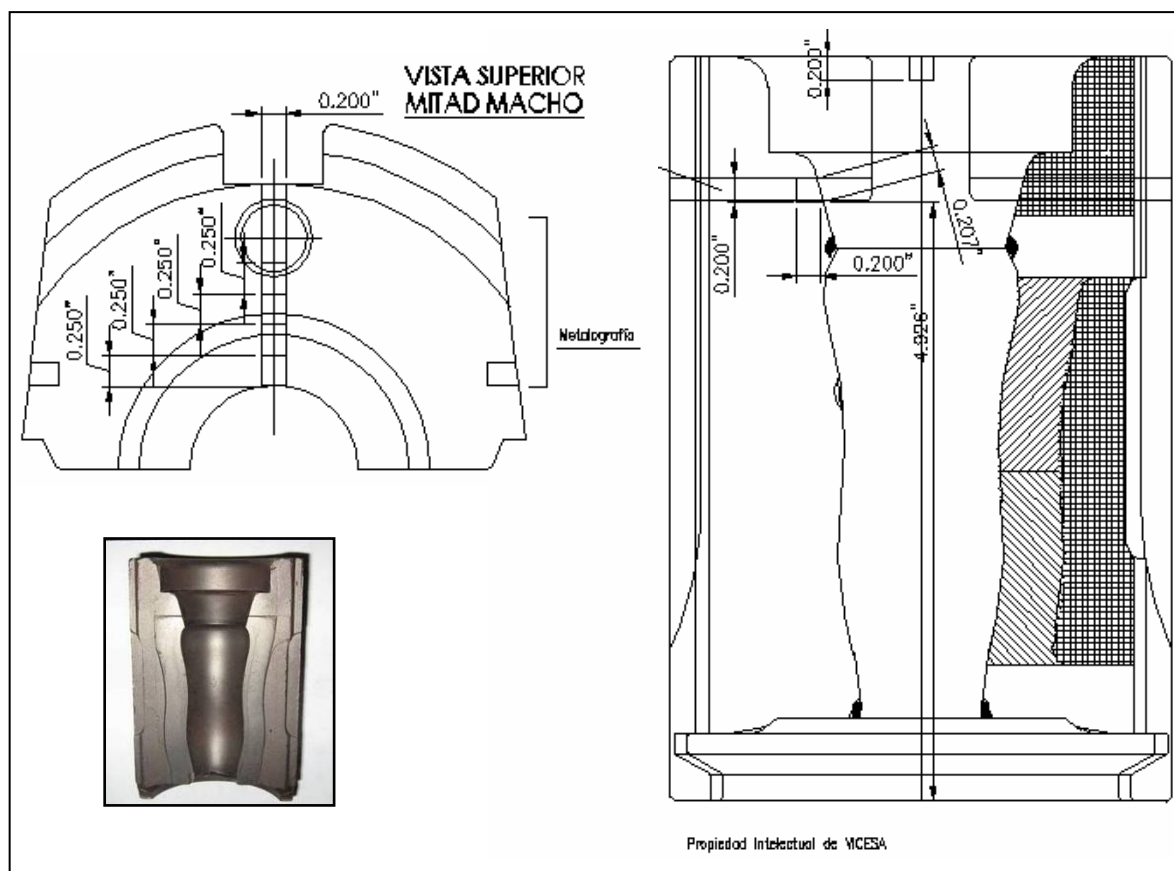


Figura No.24: Dibujo del bombillo de la Moldura C-1615 y en recuadro fotografía de este.

Bombillo 16: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.13 junto a las imágenes de las metalografías obtenidas en la Figura No.25.

Cuadro No.13: Resultados del Bombillo 16, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Bombillo	16
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (100lbf)
Dureza	1	80,50	Promedio 80,50
	2	81,00	
	3	81,50	
	4	78,00	
	5	81,50	
HRB	HRC	HV	HB
80,50	-	149,45	149,45
Prueba:	Metalografía		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación (pulg)
VII	7, 8	E	Zona de contacto a 1/4
VII	6, 7	E, D	1/4 a 1/2
VII	6	D	1/2 a 3/4
VII	5, 6	A	3/4 a 1
VII	4, 5	A	1 a 1 3/4
VII	7, 8	D	Zona de contacto

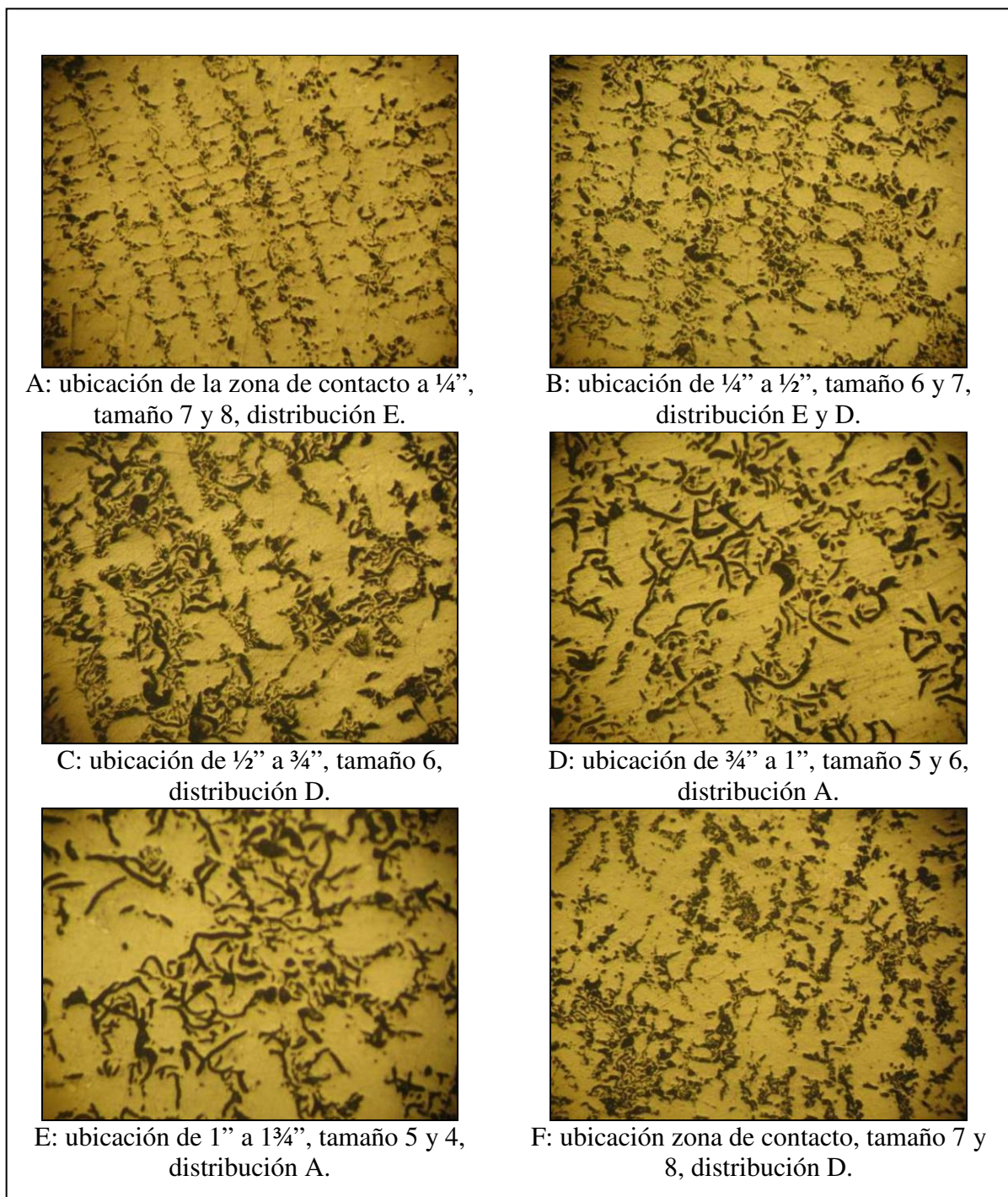


Figura No.25: Metalografías A, B, C, D, E y F a 100X, sin ataque, del bombillo 16, C-1615; tipo VII, según ASTM A247-67.

Los resultados del bombillo 16, C-1615 son:

- De acuerdo al Cuadro No.13, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 80,50HRB ó de 149,45HB.
- Conforme al Cuadro No.13 y como se observa en la Figuras No.25, se obtiene, una clasificación de metalografías sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito en un bombillo vaciado con templadera, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris, pero los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño no coinciden con lo especificado en los Cuadros No.7 y No.8.

Bombillo 36: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.14 junto a las imágenes de las metalografías obtenidas en la Figura No.26.

Cuadro No.14: Resultados del Bombillo 36, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Bombillo	36
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (100lbf)
Dureza	1	80,00	Promedio 81,60
	2	80,50	
	3	82,00	
	4	83,50	
	5	82,00	
HRB	HRC	HV	HB
81,60	-	157,36	157,36
Prueba:	Metalografía		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación (pulg)
VII	7, 8	E	Zona de contacto a 1/4
VII	6, 7	E, D	1/4 a 1/2
VII	6	D	1/2 a 3/4
VII	5, 6	D, A	3/4 a 1
VII	4, 5	A	1 a 1 3/4
VII	7, 8	D	Zona de contacto

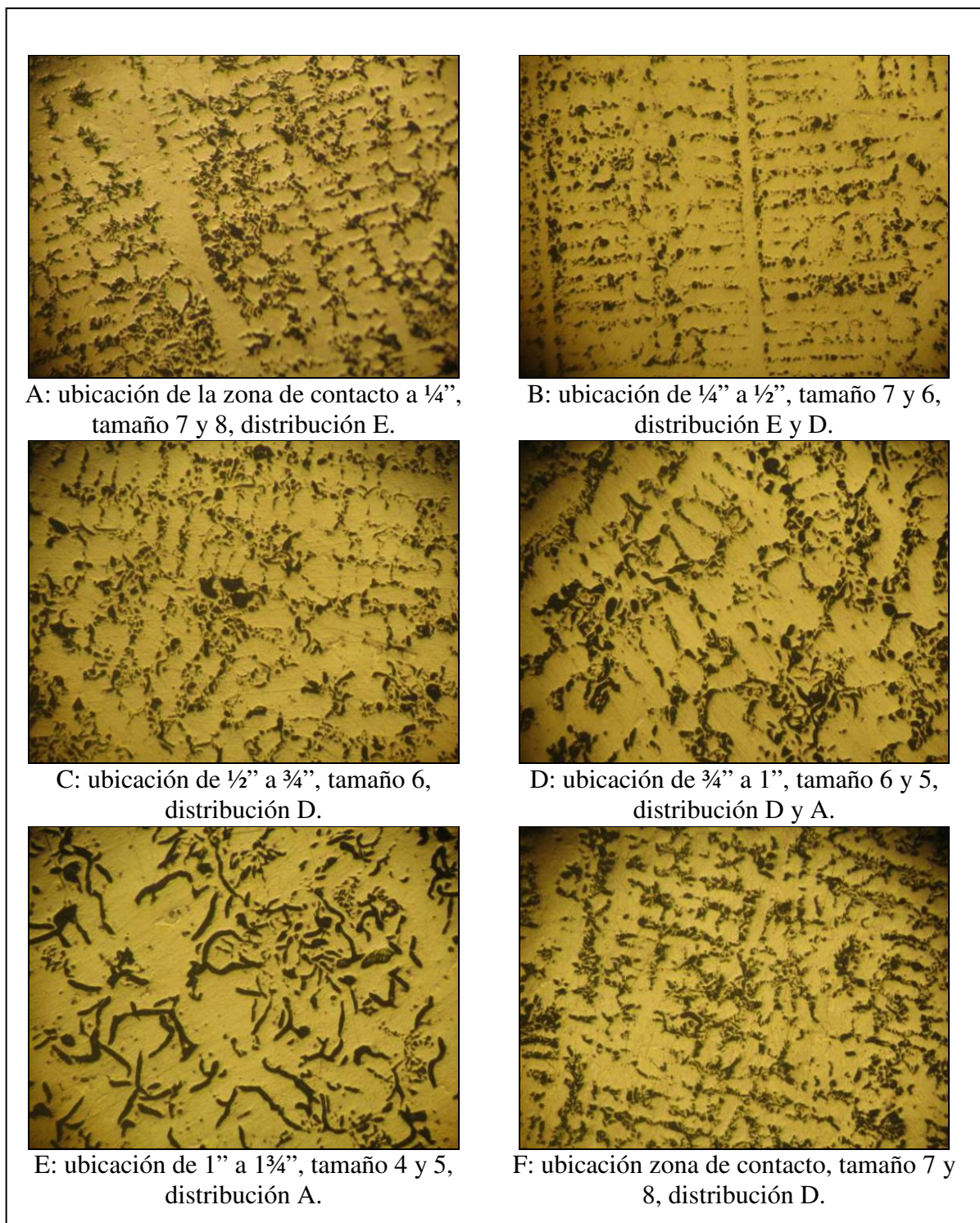


Figura No.26: Metalografías A, B, C, D, E y F a 100X, sin ataque, del bombillo 36, C-1615; tipo VII, según ASTM A247-67.

Los resultados del bombillo 36, C-1615 son:

- De acuerdo al Cuadro No.14, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 81,60HRB ó de 157,36HB.
- Conforme al Cuadro No.14 y como se observa en la Figura No.26, se obtiene, una clasificación de metalografías sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito en un bombillo vaciado con templadera, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris, pero los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño no coinciden con lo especificado en los Cuadros No.7 y No.8.

Para analizar los resultados obtenidos por el fondo No.38, se demuestra en la Figura N.27 la señalización de la prueba metalográfica y de la prueba de dureza.

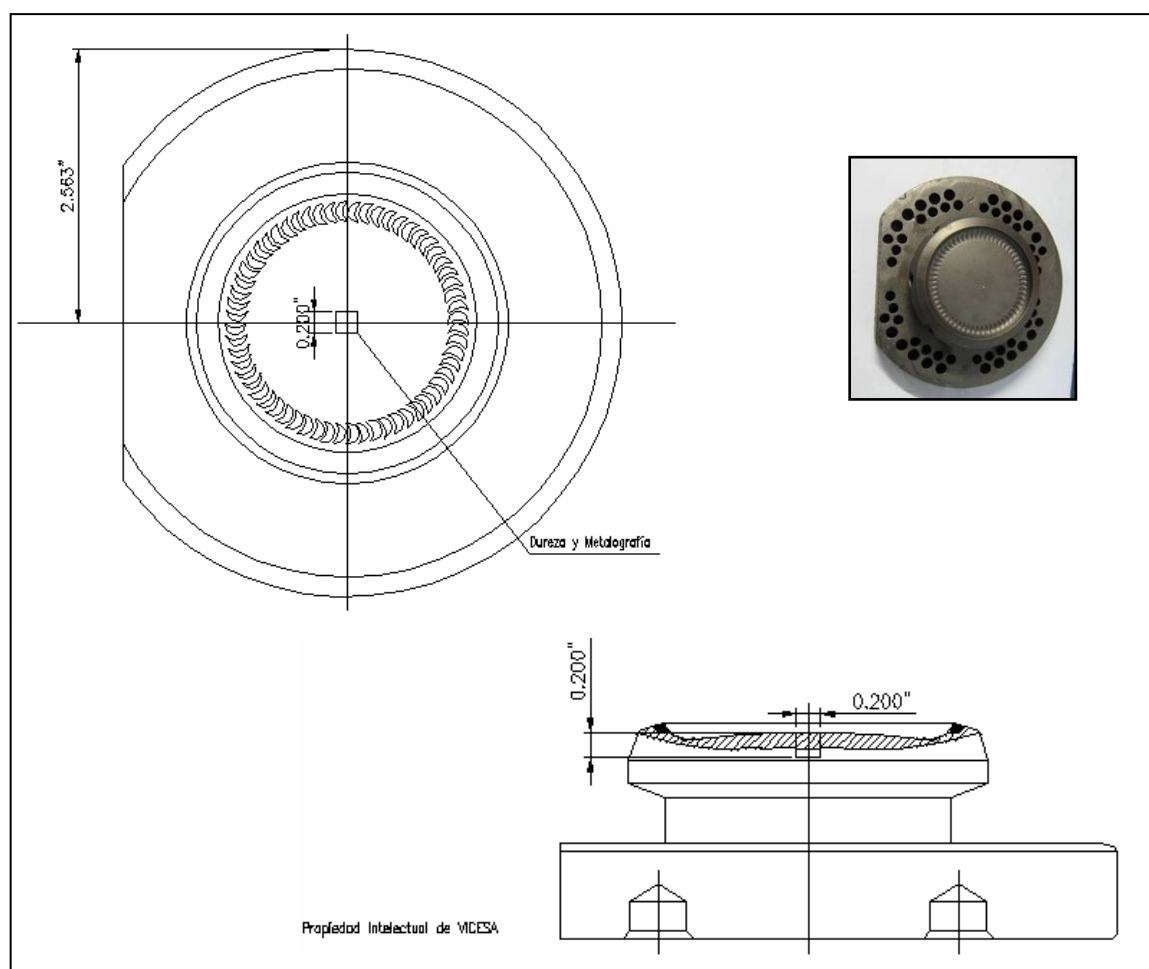


Figura No.27: Dibujo del fondo de la Moldura C-1615 y en el recuadro fotografía de este

Fondo 38: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.15 junto a la imagen de la metalografía obtenida en la Figura No.28.

Cuadro No.15: Resultados del Fondo 38, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Fondo	38
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (100lbf)
Dureza	1	76,00	Promedio 78,10
	2	78,00	
	3	77,00	
	4	79,50	
	5	80,00	
HRB	HRC	HV	HB
78,10	-	146,82	146,82
Prueba:	Metalografía		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación
VII	7,8	D	Figura No.49

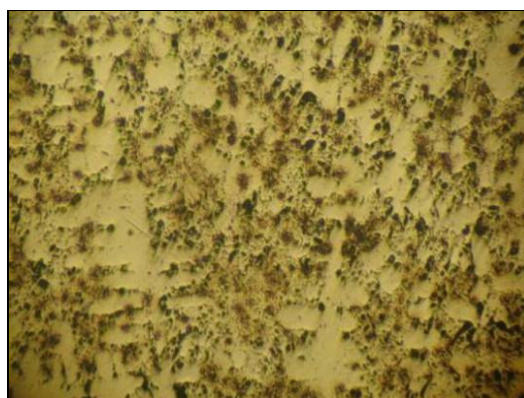


Figura No.28: Metalografía a 100X, sin ataque, ubicación zona de contacto del fondo 38, C-1615; tipo VII, tamaño 7 y 8, distribución D.

Los resultados del fondo 38, C-1615 son:

- De acuerdo al Cuadro No.15, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 78,10HRB ó de 146,82HB.
- Conforme al Cuadro No.15 y como se observa en la Figura No.28, se obtiene, una clasificación de metalografía sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris.

Para analizar los resultados obtenidos por el obturador, se demuestra en la Figura N.29 la señalización de la prueba metalográfica y de la prueba de dureza.

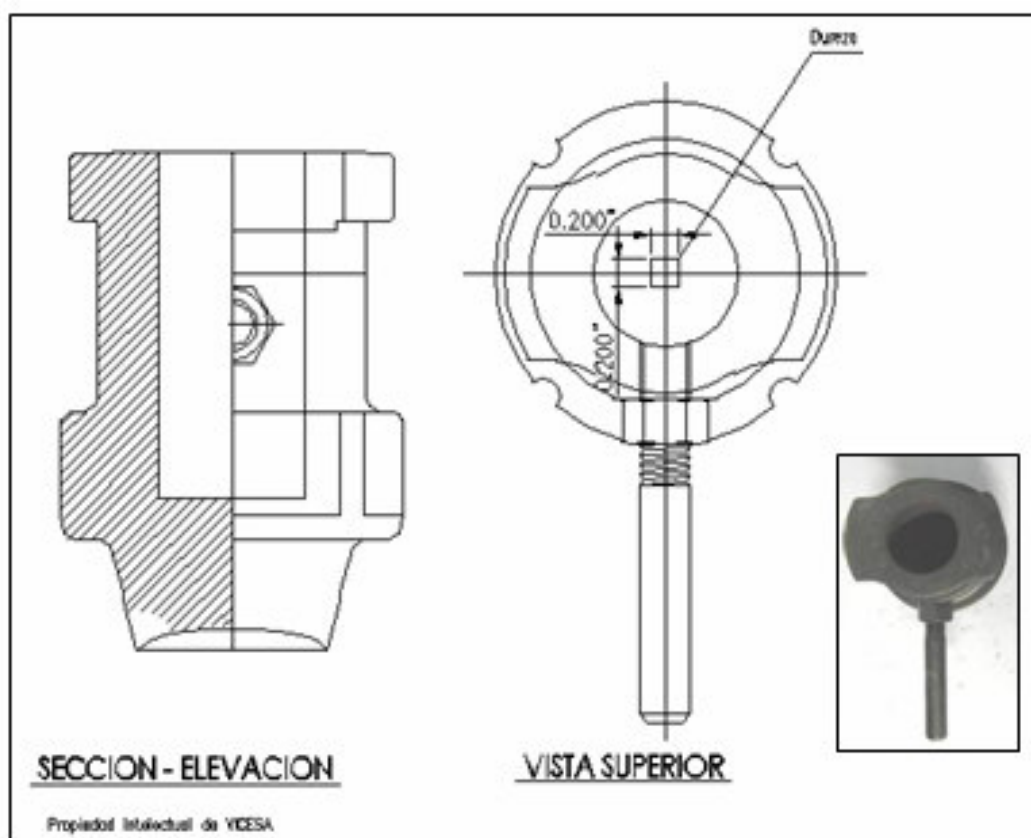


Figura No.29: Dibujo del obturador de la Moldura C-1615 y en el recuadro la fotografía de este.

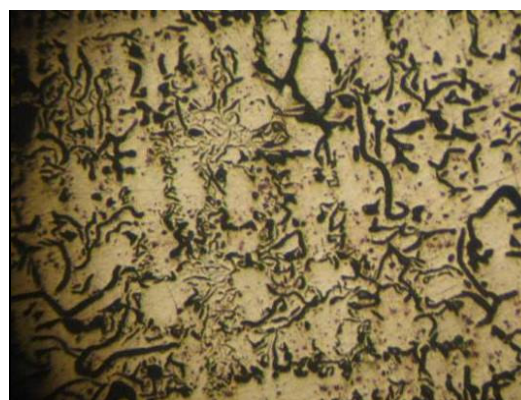
Obturador 18: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.16 junto a las imágenes de las metalografías obtenidas en la Figura No.30.

Cuadro No16.: Resultados del Obturador 18, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.l
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Obturador	18
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (150lbf)
Dureza	1	16,00	Promedio 22,00
	2	19,00	
	3	25,50	
	4	21,50	
	5	28,00	
HRB	HRC	HV	HB
100,00	22,00	240,00	240,00
Prueba:	Metalografía		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación
VII	6, 5, 4	B, E, A	Figura No. 29



A: tamaño 6 y 5, distribución B y A



B: tamaño 4 y 5, distribución E y A

Figura No.30: Metalografías A y B a 100X, sin ataque, en la zona de contacto del obturador 18, C-1615; tipo VII, según ASTM A247-67.

Los resultados del obturador 18, C-1615 son:

- De acuerdo al Cuadro No.16, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 22HRC ó de 240HB.
- Conforme al Cuadro No.16 y como se observa en la Figura No.30, se obtiene, una clasificación de metalografía sobre el tipo VII, que corresponde a una fundición gris, una distribución de B, E, A y tamaños de grafito de 6,5 y 4, según la norma ASTM A247.

Para analizar los resultados obtenidos por los pistones, se demuestra en la Figura No.31 la señalización de la prueba de análisis químico y de la prueba de microdureza.

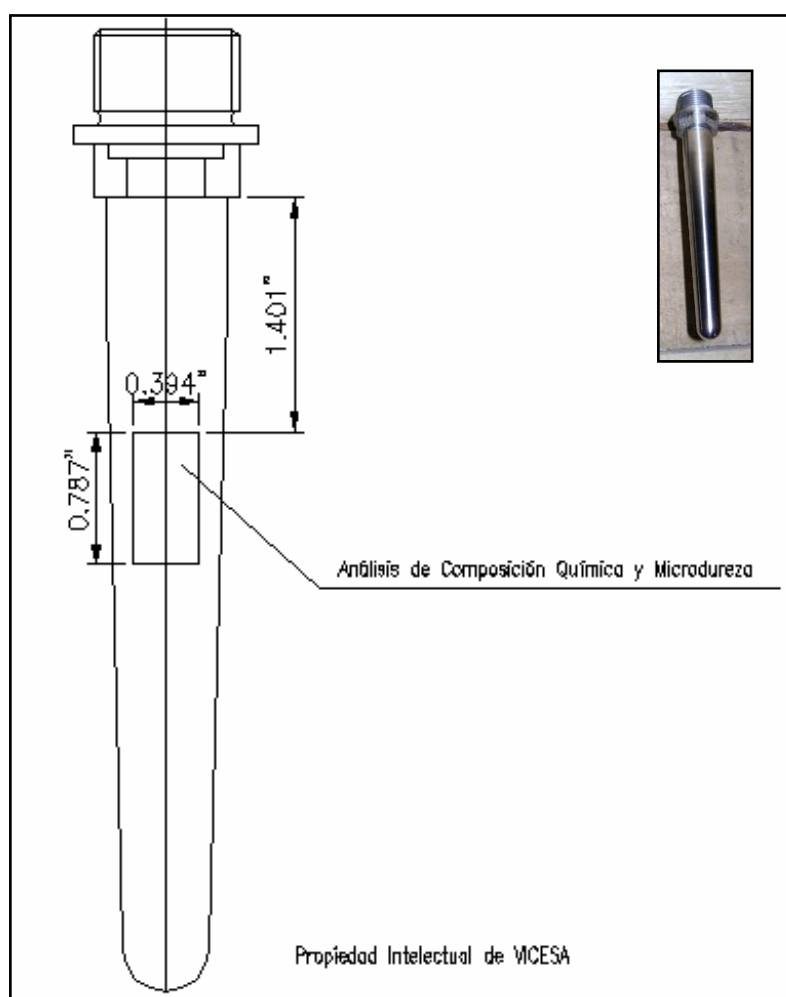


Figura No.31: Dibujo del pistón de la Moldura C-1615, y en el recuadro la fotografía de este.

Pistón 3 y Pistón 34: los resultados de las pruebas de análisis se representan en los Cuadros No.17 y No. 18.

Cuadro No.17: Resultados del Pistón 3, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Pistón	3
Prueba:	Microdureza	HV (0,5)	Vickers
1	181	707,50	Promedio 729,30
2	175	757,00	
3	179	723,40	
HRB	HRC	HV	HB
-	60,67	729,30	624,26
Prueba:	Fluorecencia de Rayos X		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(±)
Zinc	Zn	0,00	0,00
Cobre	Cu	0,00	0,00
Níquel	Ni	65,22	0,65
Cobalto	Co	0,73	0,13
Hierro	Fe	4,12	0,16
Cromo	Cr	13,67	0,32
Molibdeno	Mo	0,17	0,05
Wolframio	W	14,75	0,39
	Total	98,66	

Cuadro No.18: Resultados del Pistón 34, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Pistón	34
Prueba:	Microdureza	HV (0,5)	Vickers
1	181	707,50	Promedio 729,30
2	175	757,00	
3	179	723,40	
HRB	HRC	HV	HB
-	60,67	729,30	624,26
Prueba:	Fluorecencia de Rayos X		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(+)
Zinc	Zn	0,00	0,00
Cobre	Cu	0,00	0,00
Níquel	Ni	47,16	0,58
Cobalto	Co	5,94	0,23
Hierro	Fe	2,35	0,16
Cromo	Cr	6,65	0,33
Molibdeno	Mo	0,41	0,07
Wolframio	W	34,74	0,62
	Total	97,25	

Los resultados de los pistones presentan un recubrimiento de una aleación a base de níquel 47,16% y 65,22%, con una microdureza de 60,67HRC. El elemento cobalto esta representado con un porcentaje de 0,73% y 5,94%, a diferencia del wolframio que esta presente en cantidades mayores de 14,75% y 34,74%, causando el aumento de dureza en los pistones C-1615.

Para analizar los resultados obtenidos por el enfriador, se demuestra en la Figura N.32 la señalización de la prueba de análisis químico, de la metalografía y de la prueba de microdureza.

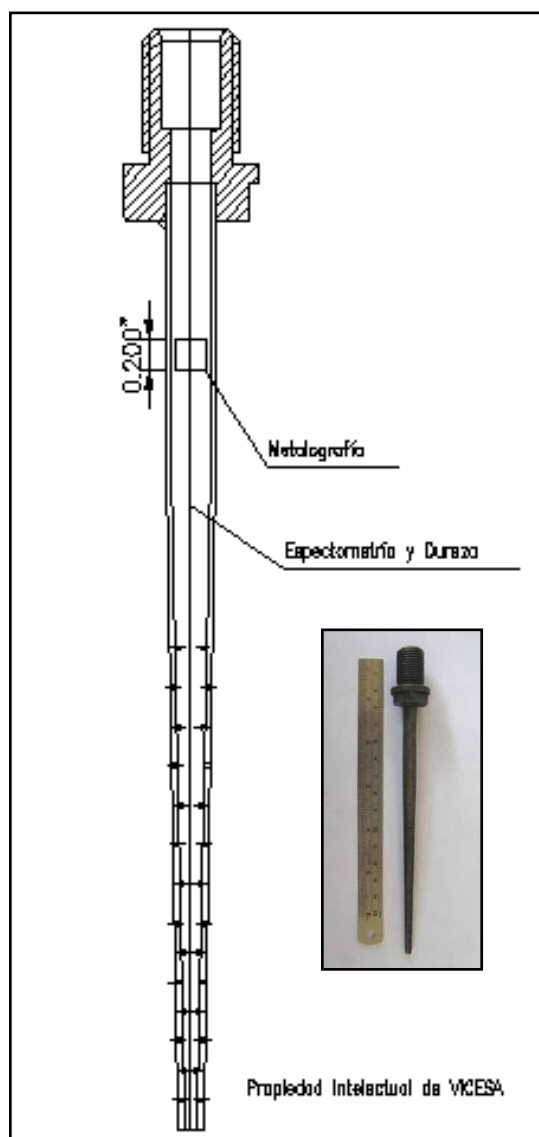


Figura No.32: Dibujo del enfriador de la moldura C-1615 y en el recuadro fotografía de este.

Enfriador 18: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.19, y en la Figura No.33.

Cuadro No.19: Resultados del Enfriador 18, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Enfriador	18
Prueba:	Microdureza	HV (0,2)	Vickers
1	217	196,90	Promedio 187,03
2	223	186,40	
3	223	186,40	
4	228	178,40	
HRB	HRC	HV	HB
91,41	-	187,03	187,03
Prueba:	Metalografía		
Descripción			
Sin ataque se observa inclusiones no metálicas			
Prueba:	Espectrometría		
Elemento	Símbolo	Cantidad	Desviación Éstandar
Carbono	C	0,030	0,144
Silicio	Si	0,144	0,000
Azufre	S	0,021	0,000
Fósforo	P	0,004	0,000
Manganeso	Mn	0,459	0,003
Cromo	Cr	0,150	0,001
Níquel	Ni	0,174	0,000
Molibdeno	Mo	0,029	0,000
Cobalto	Co	0,003	0,000
Vanadio	V	0,000	0,000
Cobre	Cu	0,144	0,001
Hierro	Fe	98,842	0,000
	Total	100,000	

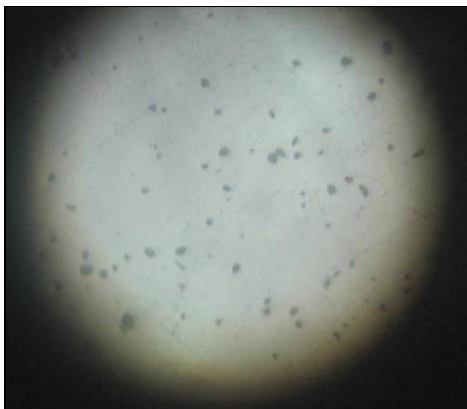


Figura No.33: Metalografía a 100X, sin ataque, ubicación zona de contacto del enfriador 18, C-1615; se observan inclusiones no metálicas.

Los resultados del enfriador 18 presentan un porcentaje de carbono del 0,03% y del elemento de aleación, de mayor porcentaje, manganeso de 0,459%, el cual se usa como desoxidante y en la solidificación del acero evita que se desprendan gases que den lugar a porosidades perjudiciales. La microdureza del enfriador es de 91,41HRB. A través de la metalografía se observan inclusiones no metálicas.

Para analizar los resultados obtenidos por las coronas, se demuestran en las Figuras No.34 y No.35, la señalización de la prueba de análisis químico y de la prueba de dureza.

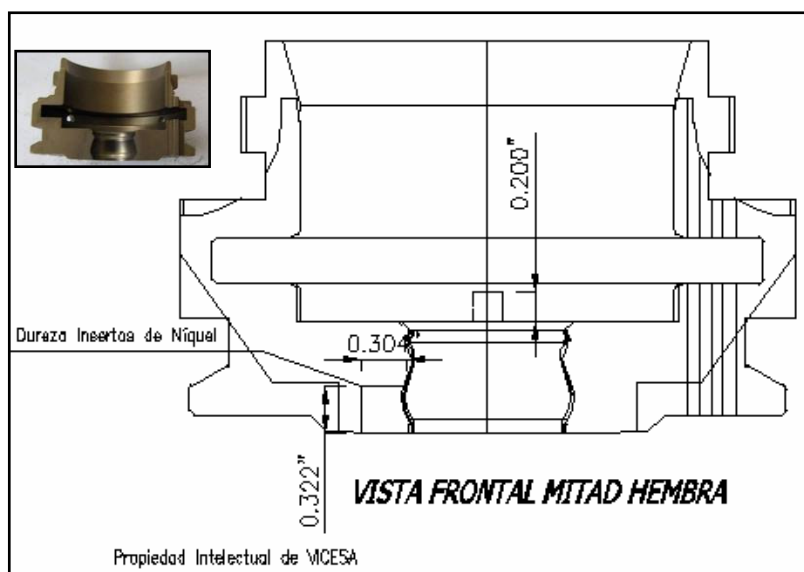


Figura No.34: Dibujo de la vista frontal de la corona de la Moldura C-1615 y en el recuadro fotografía de esta.

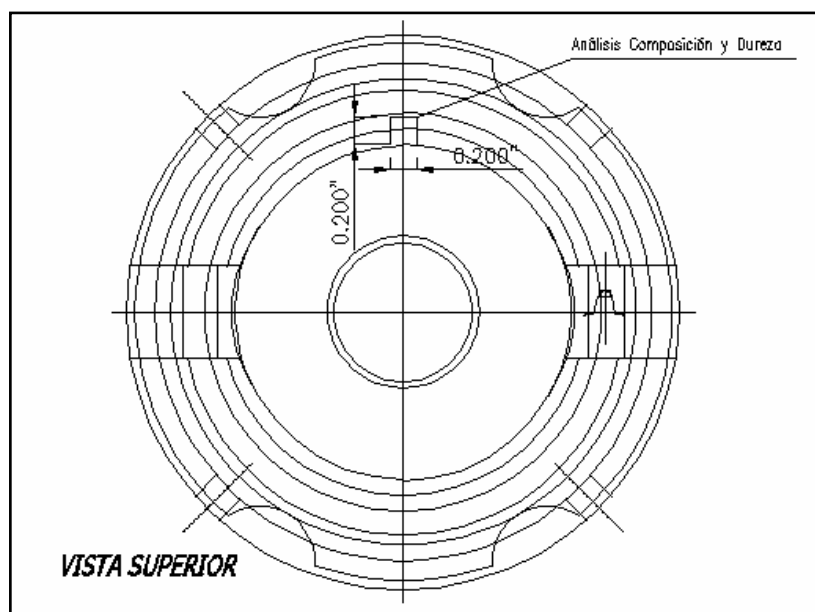


Figura No.35: Dibujo de la Vista Superior de la Corona de la Moldura C-1615

Corona 5: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.20 para el inserto de níquel y en el Cuadro No.21 el material de la corona.

Cuadro No.20: Resultados del Inserto de Níquel de la Corona 5, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Inserto Ni	5
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (1470N)
Dureza	1	38,00	Promedio 35,80
	2	39,00	
	3	36,00	
	4	35,00	
	5	31,00	
HRB	HRC	HV	HB
-	35,80	349,80	348,80

Cuadro No.21: Resultados del Corona 5, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Corona	5
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (980N)
Dureza	1	88,00	Promedio 87,40
	2	88,00	
	3	87,00	
	4	89,00	
	5	85,00	
HRB	HRC	HV	HB
87,40	-	177,18	177,18
Prueba:	Fluorecencia de Rayos X		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(+)
Cobre	Cu	72,40	0,55
Níquel	Ni	17,86	0,28
Hierro	Fe	1,15	0,09
Zinc	Zn	7,58	0,24
Manganeso	Mn	0,33	0,09
Cobalto	Co	0,12	0,05
	Total	99,44	
Prueba:	Análisis de Absorción y Emisión Atómica (g/100g muestra)		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(+)
Aluminio	Al	11,94	0,37

Los resultados de la corona presentan una aleación a base de cobre 72,40% con una dureza de 87,40HRB ó de 177,18HB. El elemento aluminio esta representado con un porcentaje de 11,94%. El inserto de níquel presenta una dureza de 35,8HRB ó de 348,8HB.

Corona 8: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.22 para el material de la corona y en el Cuadro No.23 el inserto de níquel.

Cuadro No.22: Resultados del Corona 8, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.1
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Corona	8
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (980N)
Dureza	1	91,00	Promedio 91,40
	2	91,00	
	3	91,00	
	4	92,00	
	5	92,00	
HRB	HRC	HV	HB
91,40	-	189,35	189,35
Prueba:	Fluorecencia de Rayos X		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(+)
Cobre	Cu	72,63	0,53
Níquel	Ni	17,34	0,26
Hierro	Fe	1,18	0,08
Zinc	Zn	7,92	0,23
Manganeso	Mn	0,27	0,08
Cobalto	Co	0,11	0,05
	Total	99,45	
Prueba:	Análisis de Absorción y Emisión Atómica (g/100g muestra)		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(+)
Aluminio	Al	11,94	0,37

Cuadro No.23: Resultados del Inserto de Níquel de la Corona 8, C-1615

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 23	Moldura 1615	Corona 26-600 PSBA
	Horno 100	Máquina: 104	Cerveza Red Stripe 12 oz.l
	CV: 1	Proceso: PSBA, 57	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1615	23	Inserto Ni	8
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (1470N)
Dureza	1	35,00	Promedio 36,20
	2	37,00	
	3	37,00	
	4	38,00	
	5	34,00	
HRB	HRC	HV	HB
-	36,20	359,18	357,18

Los resultados de la corona presentan una aleación a base de cobre 72,63% con una dureza de 91,40HRB ó de 189,35HB. El elemento aluminio esta representado con un porcentaje de 11,94%. El inserto de níquel presenta una dureza de 36,2HRB ó de 357,18HB.

Analizando las características obtenidas de las pruebas de cada una de las piezas de moldura C-1615, se tiene:

- Según García, 1997, se especifica que para un bombillo, molde, fondo u obturador de fundición gris requiere de una dureza mayor de 145HB a 180HB con un carbono equivalente⁵ en el rango de 4,2%-4,4%, y que el aumento de tamaño en las escamas de grafito genera mayor conductividad térmica. Por ende, se compara a cada una de estas piezas tomando en cuenta esta información.

⁵ Carbono equivalente (CE): es un porcentaje de la cantidad presente de precipitados de grafito, que se representa en el diagrama de hierro carbono, para fundiciones se ubica entre 3,5% a 4.4%, mayor al punto de fluidez del grafito, 4,5%, se obtienen precipitados de hierro y carbono no deseables.

- Los resultados del molde 25 son semejantes a los del molde 38, ya que como se observa tienen resultados similares de dureza en la zona de contacto y de los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño de grafito, pero no coinciden con las especificaciones de los Cuadros No.7 y No.8.

- El fabricante utiliza un método de colada continua en barra, donde el tamaño de grano aumenta desde el centro hacia el exterior, y la compactación de la escama u hojuela (Tipo VII) disminuye mientras se amplía el diámetro, afectando la distribución del grafito.

- Por consiguiente, la presencia de la distribución D en lugar de la distribución E, se debe a un enfriamiento en la barra que no permite la segregación interdendrítica con orientación preferente, sin embargo, de acuerdo a la teoría el tipo D fue desarrollado para la industria de moldes para vidrio donde se requieren una estructura fina del grano y maquinabilidad superior final, donde el crecimiento dimensional debido a los ciclos repetidos de calentamiento y de enfriamiento es mínimo debido al tamaño más pequeño de escama de grafito (8), pero este tipo no se crea para endurecerse.

- Los moldes producidos por el fabricante, Perego, presentan un patrón similar con distribuciones dominantes de D y A, y en menor medida B, tamaños de grano entre 4 y 8, con una dureza promedio de 131,805HB y con rangos de carbono equivalente entre 3.05% y 4.4%.

- En consecuencia, la variación de la estructura de la matriz dentro de las especificaciones contribuye a garantizar la inestabilidad dimensional de la moldura, la distorsión y la fatiga térmica a lo largo de la vida útil de la moldura. Además, para optimizar la distribución de calor debe cumplirse los patrones de los Cuadros No.7 y 8, porque estos presentan tamaños de 2 a 5 a partir de una distancia de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ pulg.

- El carbono equivalente sobrepasa el límite inferior, por ende, esta variación no asegura una transmisión de calor uniforme, causando una mayor variación de espesor de pared en el envase (García, 1997).

- Los resultados del bombillo 16 son semejantes a los del bombillo 36, ya que como se observa tienen resultados similares de dureza en la zona de contacto y de los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño de grafito, pero no coinciden con las especificaciones de los Cuadros No.7 y No.8.

- Al igual que los moldes el fabricante utiliza el método de colada continua en barra, no obstante, la presencia de la distribución E indica que el sistema de enfriamiento para los bombillos permite y controla la segregación interdendrítica con orientación preferente.

- La presencia de la distribución A más cerca de la zona de contacto con el vidrio refleja mayor aumento en la dureza.

- Los bombillos producidos por el fabricante presentan un patrón semejante con distribuciones dominantes de E, D y A, tamaños de grano entre 4 y 8, por consiguiente, con una dureza promedio de 153,405HB y con rangos de carbono equivalente entre 4%-4.4%.

- A pesar de que en los bombillos la variación de la estructura de la matriz dentro de las especificaciones es mínima, se deben controlar para garantizar el aumento de la vida útil de la moldura.

- Los resultados del fondo 38 presenta una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 146,82HB, dentro de los límites de especificación, pero el carbono equivalente es de 3,05-3,43%, ya que la distribución es D y el tamaño de grafito 7 y 8.

- La presencia de la distribución D y el tamaño de 7 y 8 en la zona de contacto con el vidrio no coincide con los resultados de los moldes y los bombillos. Sin embargo, no coinciden con lo requerido en los Cuadro No.7 y No.8.

- Por consiguiente, sucede al igual que los moldes, que la variación de la estructura de la matriz dentro de las especificaciones contribuye a garantizar la inestabilidad dimensional de la moldura, la distorsión y la fatiga térmica a lo largo de la vida útil de la moldura.

- Al igual que los moldes en los fondos el carbono equivalente sobrepasa el límite inferior, por ende, está variación no asegura una transmisión de calor uniforme, causando una mayor variación de espesor de pared en el envase.

- Los resultados del obturador 18, coinciden en que la presencia de la distribución A más cerca de la zona de contacto con el vidrio refleja mayor aumento en la dureza.

- El aumento de tamaño de las escamas de grafito en el obturador genera mayor conductividad térmica, que para este es una función importante al ser parte de la etapa de preforma del envase.

- Los resultados de los pistones no coinciden por completo con el material especificado por la empresa en el Cuadro No., Stellite (Precision Casting) una aleación base cobalto. A pesar, de ser una aleación de níquel no es clasificada como Dameron.

- Los resultados del enfriador 18 no coinciden con la especificación del tipo de acero en el Cuadro No.2, C 0.030%.

- Los resultados de las coronas 5 y 8, coinciden con la especificación del tipo de aleación a base de cobre dada en el Cuadro No.2. Clasificándose como Minox (Eballoy® 700), porque poseen los mismos componentes aleantes con los respectivos porcentajes y una dureza promedio 183,265HB.

- La prueba de dureza para los insertos de níquel coincide con la teoría al tener una dureza promedio de 36HRC.

B. Resultados de la Moldura de Colados Gerber, C-1925, Conjunto 10

Como el objetivo de fabricación de las piezas de cada moldura es generar la forma final del envase, se presenta dibujo de este en la Figura No.36.

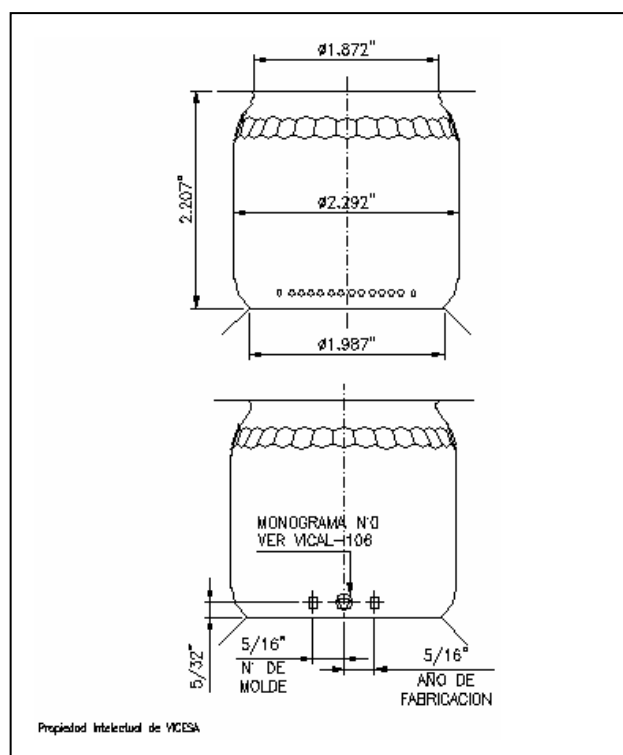


Figura No.36: Dibujo del envase de la Moldura C-1925

Para analizar los resultados obtenidos por los moldes, se demuestra en la Figura N.37 la señalización de las pruebas metalográficas y de la prueba de dureza realizadas al molde 4 y al molde 18.

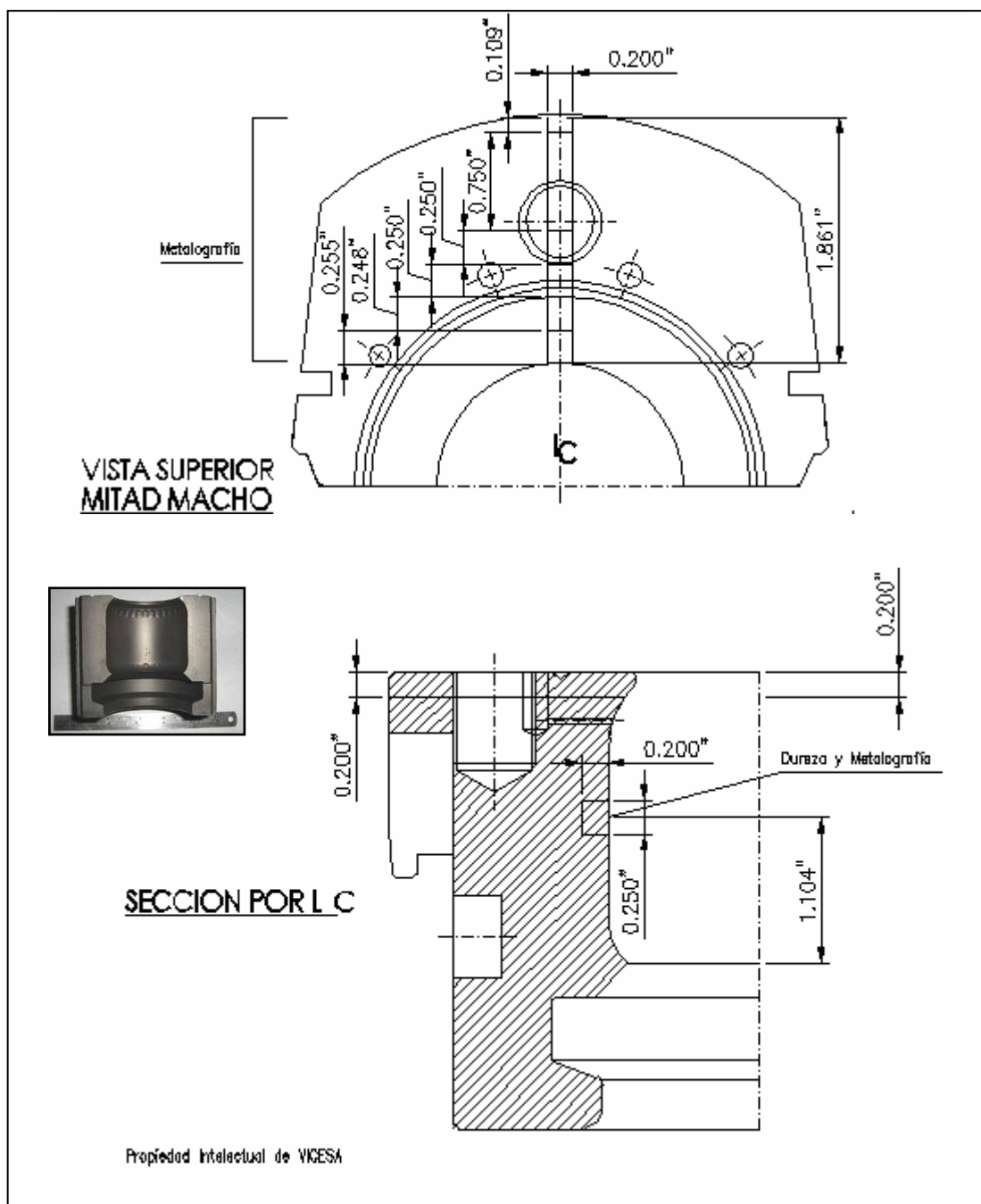


Figura No.37: Dibujo del molde de la Moldura C-1615, y en el recuadro la fotografía de este.

Molde 4: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.24 junto a las imágenes de las metalografías obtenidas en la Figura No.38.

Cuadro No.24: Resultados del Molde 4, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Molde	4
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (100lbf)
Dureza	1	76,00	Promedio 72,00
	2	70,00	
	3	72,00	
	4	72,00	
	5	70,00	
HRB	HRC	HV	HB
72,00	-	128,90	128,90
Prueba:	Metalografia		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación (pulg)
VII	7, 8	D	Zona de contacto a 1/4
VII	7, 6	D	1/4 a 1/2
VII	5, 6	D	1/2 a 3/4
VII	4, 5	A	3/4 a 1
VII	3, 4	B, A	1 a 1 3/4
VII	7, 8	D	Zona de contacto

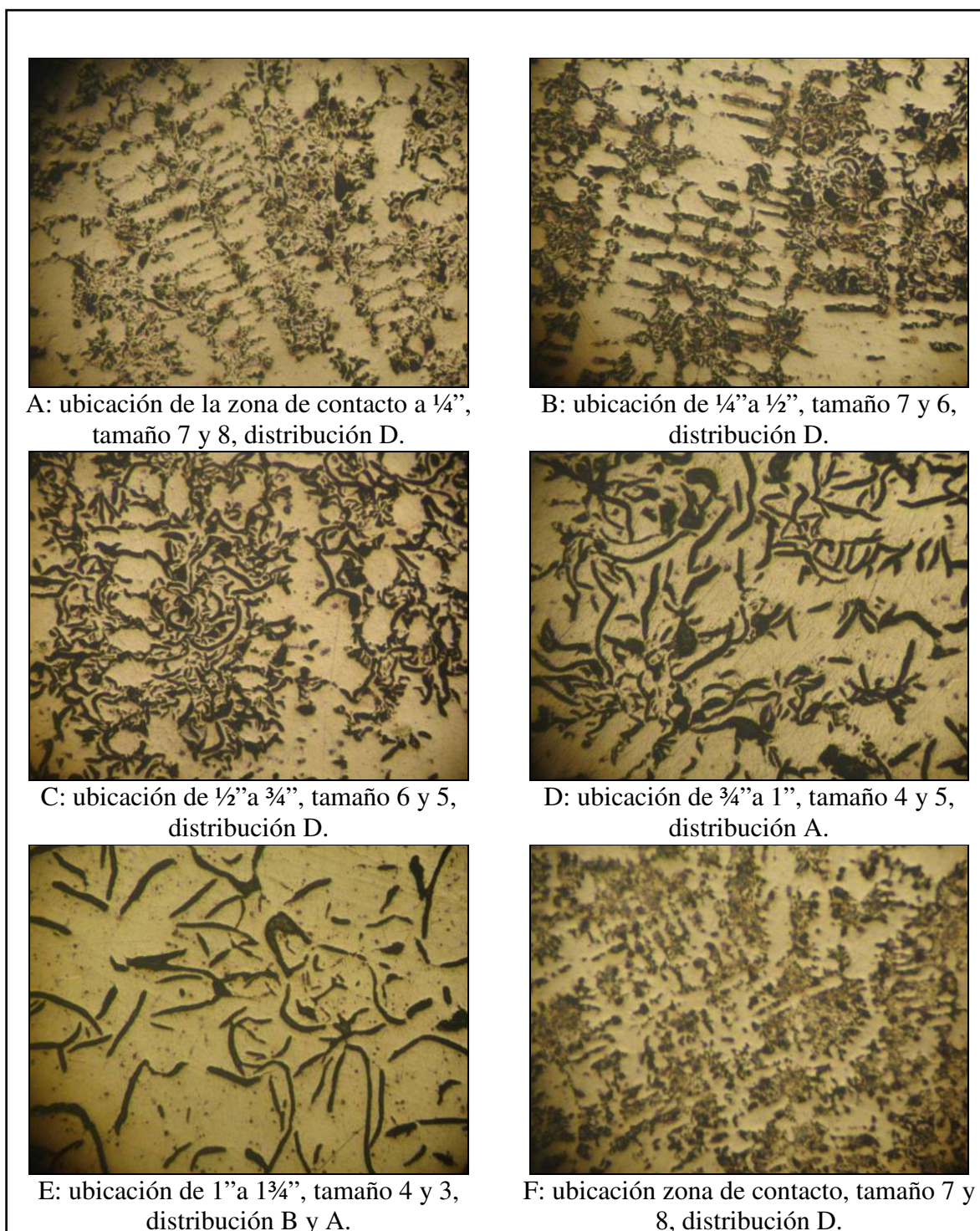


Figura No.38: Metalografías A, B, C, D, E y F a 100X, sin ataque, del molde 4, C-1925; tipo VII, según ASTM A247-67.

Los resultados del molde 4, C-1925 son:

- De acuerdo al Cuadro No.24, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 72HRB ó de 128,9HB.
- Conforme al Cuadro No.24 y como se observa en la Figura No.38, se obtiene, una clasificación de metalografías sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito en un molde vaciado con templadera, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris, pero los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño no coinciden con lo especificado en los Cuadros No.7 y No.8

Molde 18: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.25 junto a las imágenes de las metalografías obtenidas en la Figura No.39.

Cuadro No.25: Resultados del Molde 18, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Molde	18
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (100lbf)
Dureza	1	77,50	Promedio 77,20
	2	74,50	
	3	80,50	
	4	78,00	
	5	75,50	
HRB	HRC	HV	HB
77,20	-	145,38	145,38
Prueba:	Metalografia		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación (pulg)
VII	7, 8	D	Zona de contacto a 1/4
VII	7, 6	D	1/4 a 1/2
VII	5, 6	D, A	1/2 a 3/4
VII	4, 5	A	3/4 a 1
VII	3, 4	B, A	1 a 1 3/4
VII	7, 8	D	Zona de contacto

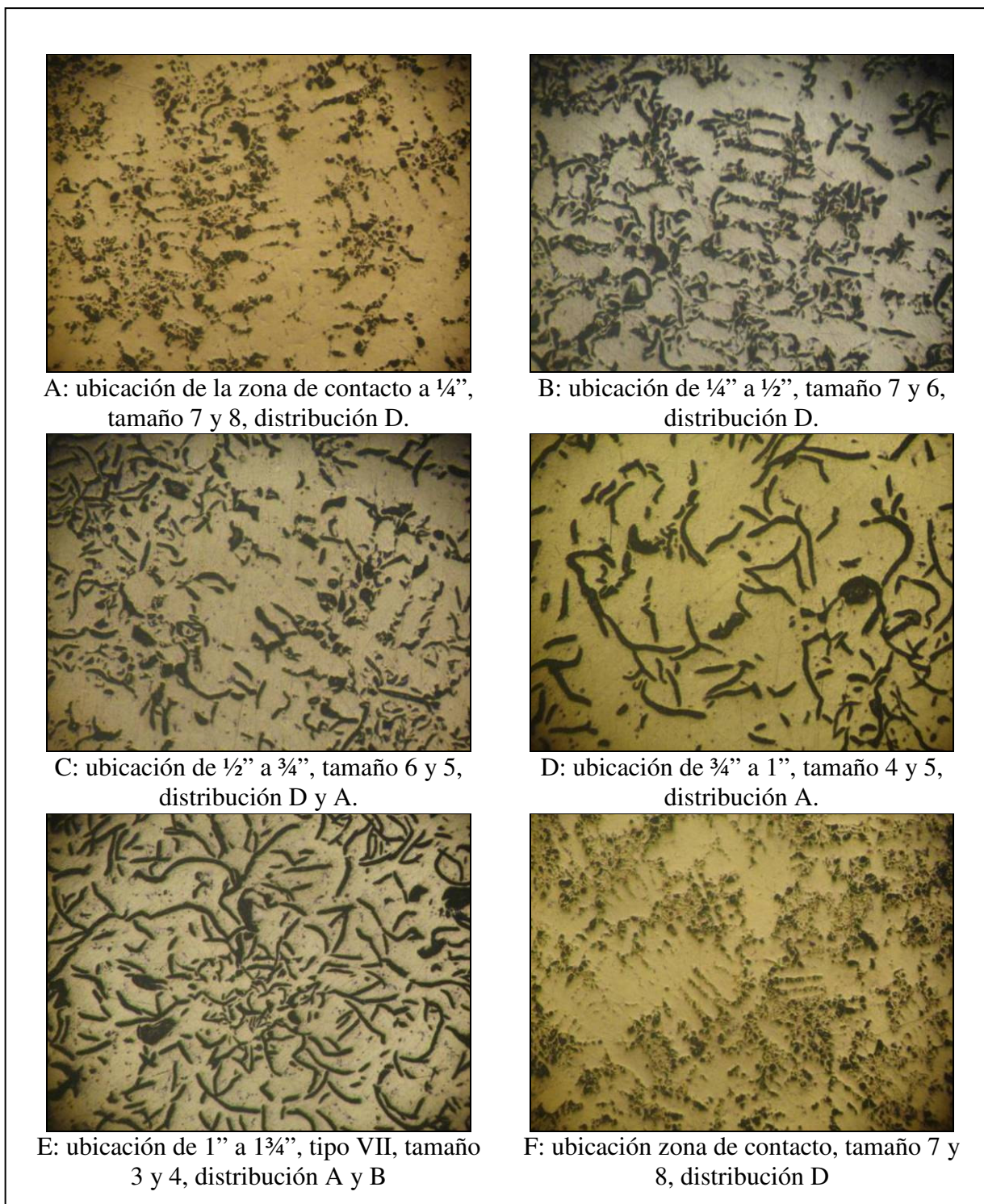


Figura No.39: Metalografías A, B, C, D, E y F a 100X, sin ataque, del molde 18, C-1925; tipo VII, según ASTM A247-67.

Los resultados del molde 18, C-1925 son:

- De acuerdo al Cuadro No.25, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 77,20HRB ó de 145,38HB

Conforme al Cuadro No.25 y como se observa en la Figura No.39, se obtiene, una clasificación de metalografías sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito en un molde vaciado con templadera, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris, pero los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño no coinciden con lo especificado en los Cuadros No.7 y No.8.

Para analizar los resultados obtenidos por los bombillos, se demuestra en la Figura N.40 la señalización de las pruebas metalográficas y de la prueba de dureza realizadas al bombillo 37 y al bombillo 31.

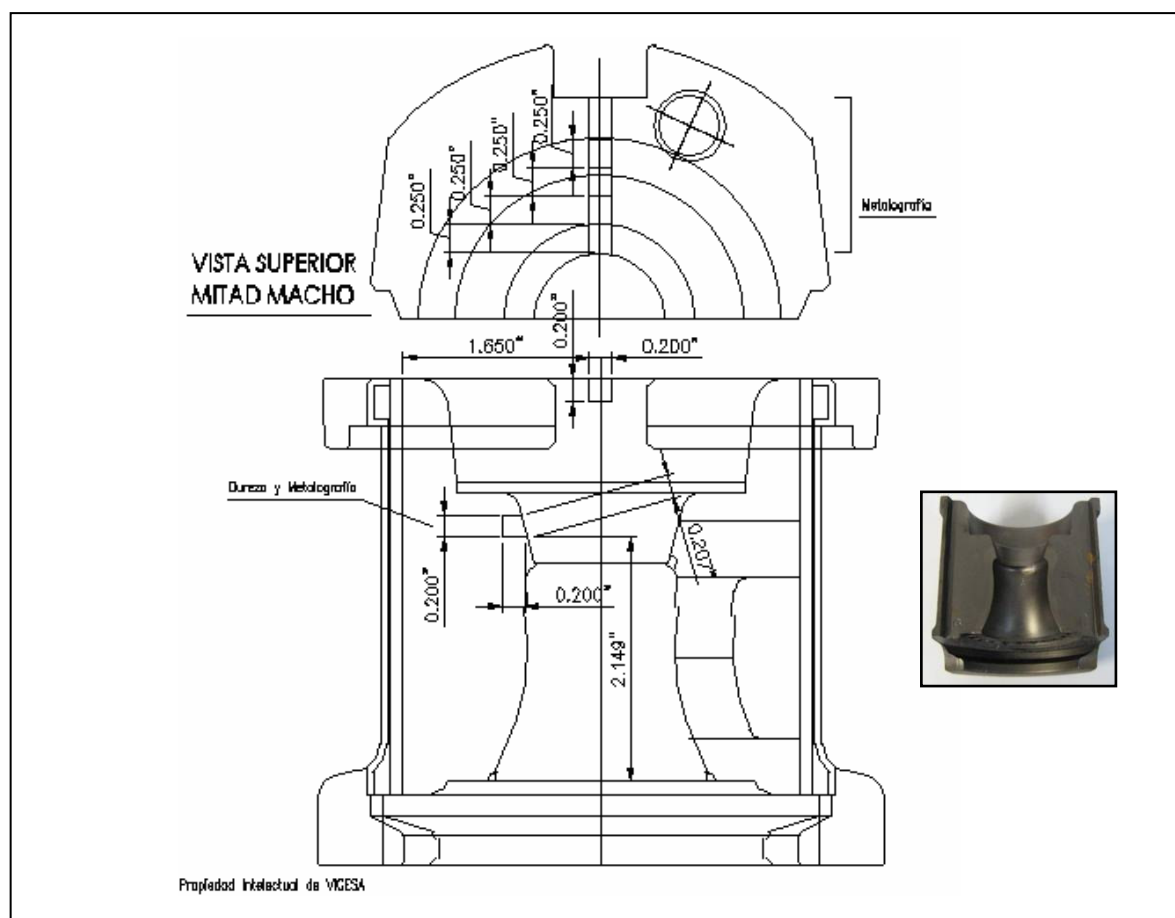
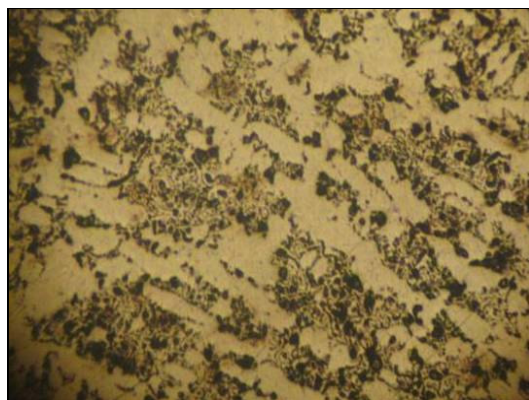


Figura No.40 Dibujo del bombillo de la Moldura C-1925 y en recuadro fotografía de este.

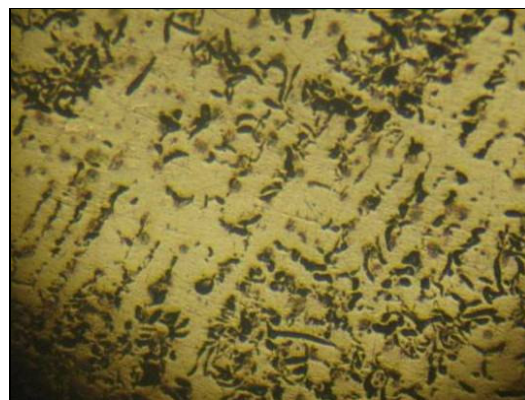
Bombillo 31: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.26 junto a las imágenes de las metalografías obtenidas en la Figura No.41.

Cuadro No.26: Resultados del Bombillo 31, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Bombillo	31
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (150lbf)
Dureza	1	16,00	Promedio 16,20
	2	18,00	
	3	13,00	
	4	13,50	
	5	20,50	
HRB	HRC	HV	HB
95,70	16,20	218,13	218,13
Prueba:	Metalografía		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación (pulg)
VII	7, 8	E, D	Zona de contacto a 1/4
VII	7, 8	E	1/4 a 1/2
VII	5	A	1/2 a 3/4
VII	4, 5	A	3/4 a 1
VII	4, 5	A, B	1 a 1 3/4
VII	7, 8	D	Zona de contacto



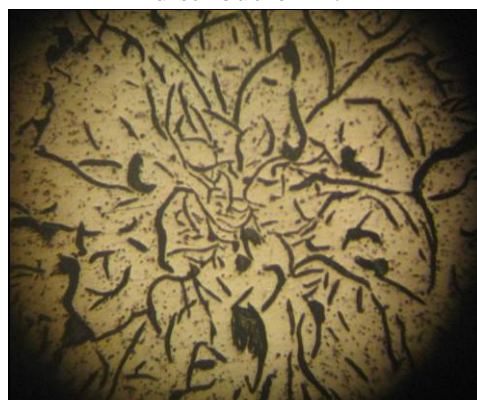
A: ubicación de la zona de contacto a $\frac{1}{4}$ ", tamaño 7 y 8, distribución E y D.



B: ubicación de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ", tamaño 6 y 7, distribución E.



C: ubicación de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ ", tamaño 5, distribución A.



D: ubicación de $\frac{3}{4}$ " a 1", tamaño 5 y 4, distribución A.



E: ubicación de 1" a $1\frac{3}{4}$ ", tamaño 5 y 4, distribución A y B.



F: ubicación zona de contacto, tamaño 7 y 8, distribución D.

Figura No.41: Metalografías A, B, C, D, E y F a 100X, sin ataque, del bombillo 31, C-1925; tipo VII, según ASTM A247-67.

Los resultados del bombillo 31, C-1925 son:

- De acuerdo al Cuadro No.26, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 95,70HRB ó de 218,13HB
- Conforme al Cuadro No.26 y como se observa en la Figuras No.41, se obtiene, una clasificación de metalografías sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito en un bombillo vaciado con templadera, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris, pero los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño no coinciden con lo especificado en los Cuadros No.7 y No.8.

Bombillo 37: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.27 junto a las imágenes de las metalografías obtenidas en la Figura No.42.

Cuadro No.27: Resultados del Bombillo 37, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Bombillo	37
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (150lbf)
Dureza	1	16,50	Promedio 17,20
	2	21,00	
	3	22,50	
	4	15,00	
	5	11,00	
HRB	HRC	HV	HB
96,20	17,20	219,17	219,17
Prueba:	Metalografía		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación (pulg)
VII	7, 8	E, D	Zona de contacto a 1/4
VII	7, 6	D	1/4 a 1/2
VII	5, 6	B, A	1/2 a 3/4
VII	3, 4	B, A	3/4 a 1
VII	3, 4	A	1 a 1 3/4
VII	7, 8	D	Zona de contacto

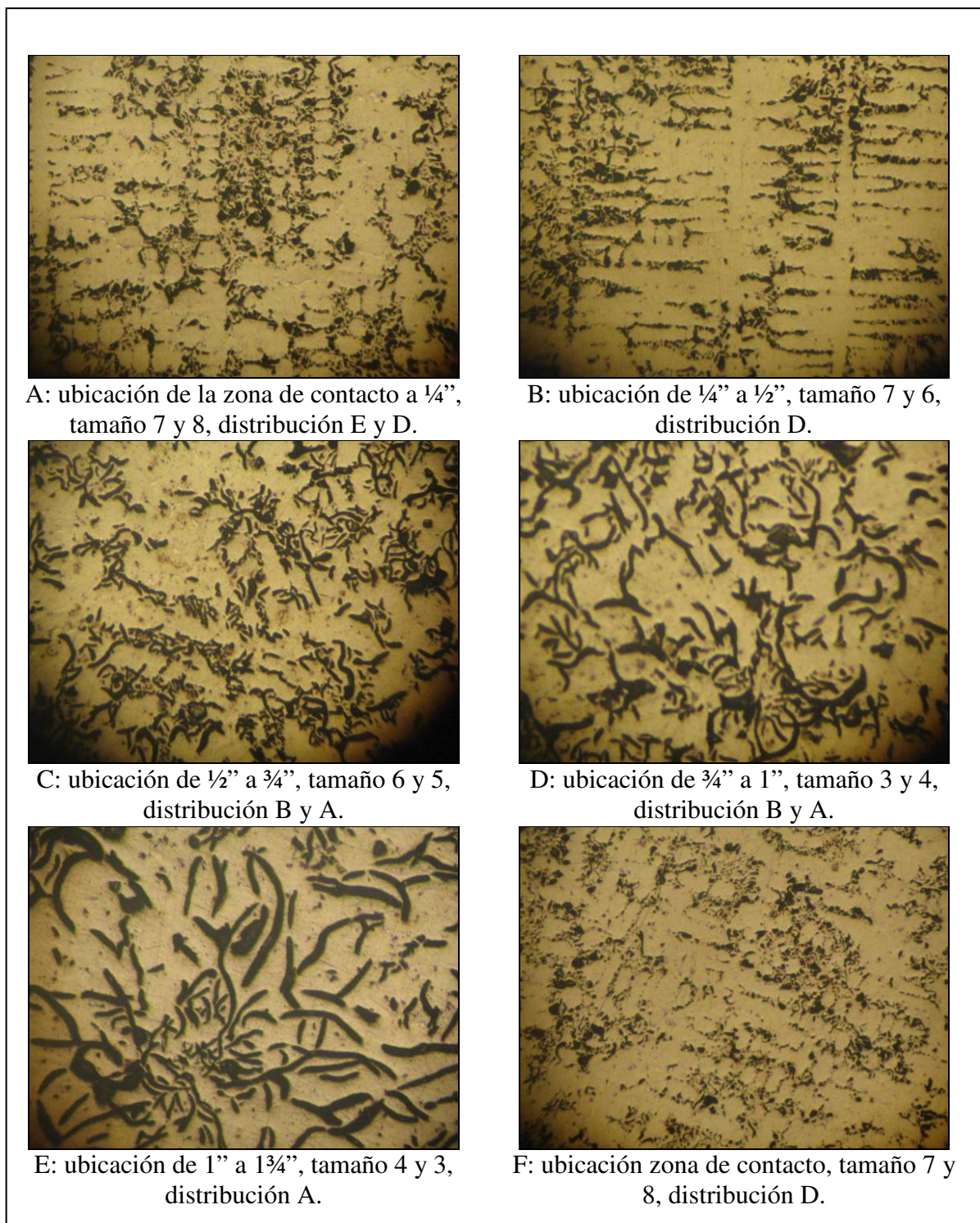


Figura No.42: Metalografías A, B, C, D, E y F a 100X, sin ataque, del bombillo 37, C-1925; tipo VII, según ASTM A247-67.

Los resultados del bombillo 37, C-1925 son:

- De acuerdo al Cuadro No.27, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 96,20HRB ó de 219,17HB.
- Conforme al Cuadro No.27 y como se observa en la Figura No.42, se obtiene, una clasificación de metalografías sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito en un bombillo vaciado con templadera, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris, pero los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño no coinciden con lo especificado en los Cuadros No.7 y No.8.

Para analizar los resultados obtenidos por el fondo, se demuestra en la Figura N.43 la señalización de la prueba metalográfica y de la prueba de dureza.

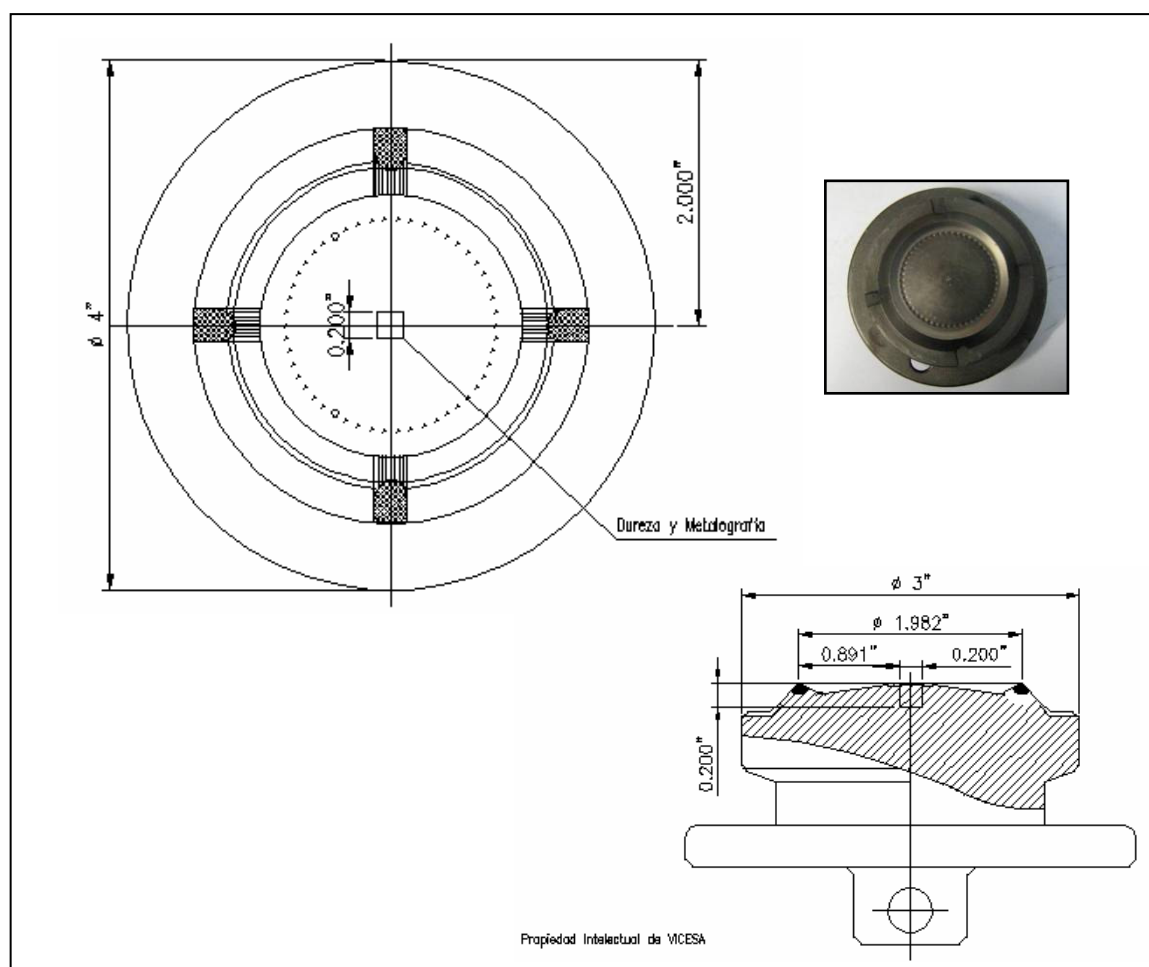


Figura No.43: Dibujo del fondo de la Moldura C-1925 y en el recuadro fotografía de este

Fondo 38: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.28 junto a la imagen de la metalografía obtenida en la Figura No.44.

Cuadro No.28: Resultados del Fondo 38, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Fondo	38
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (100lbf)
Dureza	1	81,00	Promedio 81,60
	2	83,50	
	3	82,00	
	4	82,50	
	5	79,00	
HRB	HRC	HV	HB
81,60	-	157,36	157,36
Prueba:	Metalografía		Norma ASTM A247
Tipo	Tamaño	Distribución	Ubicación
VII	8	D	Figura No. 43



Figura No.44: Metalografía a 100X, sin ataque, ubicación zona de contacto del fondo 38, C-1925; tipo VII, tamaño 8, distribución D.

Los resultados del fondo 38, C-1925 son:

- De acuerdo al Cuadro No.28, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 81,6HRB ó de 157,36HB.
- Conforme al Cuadro No.28 y como se observa en la Figura No.44, se obtiene, una clasificación de metalografía sobre el tipo, distribución y el tamaño del grafito, según la norma ASTM A247. Donde el tipo VII corresponde a una fundición gris.

Para analizar los resultados obtenidos por el obturador, se demuestra en la Figura N.45 la señalización de la prueba de análisis químico y de la prueba de dureza.

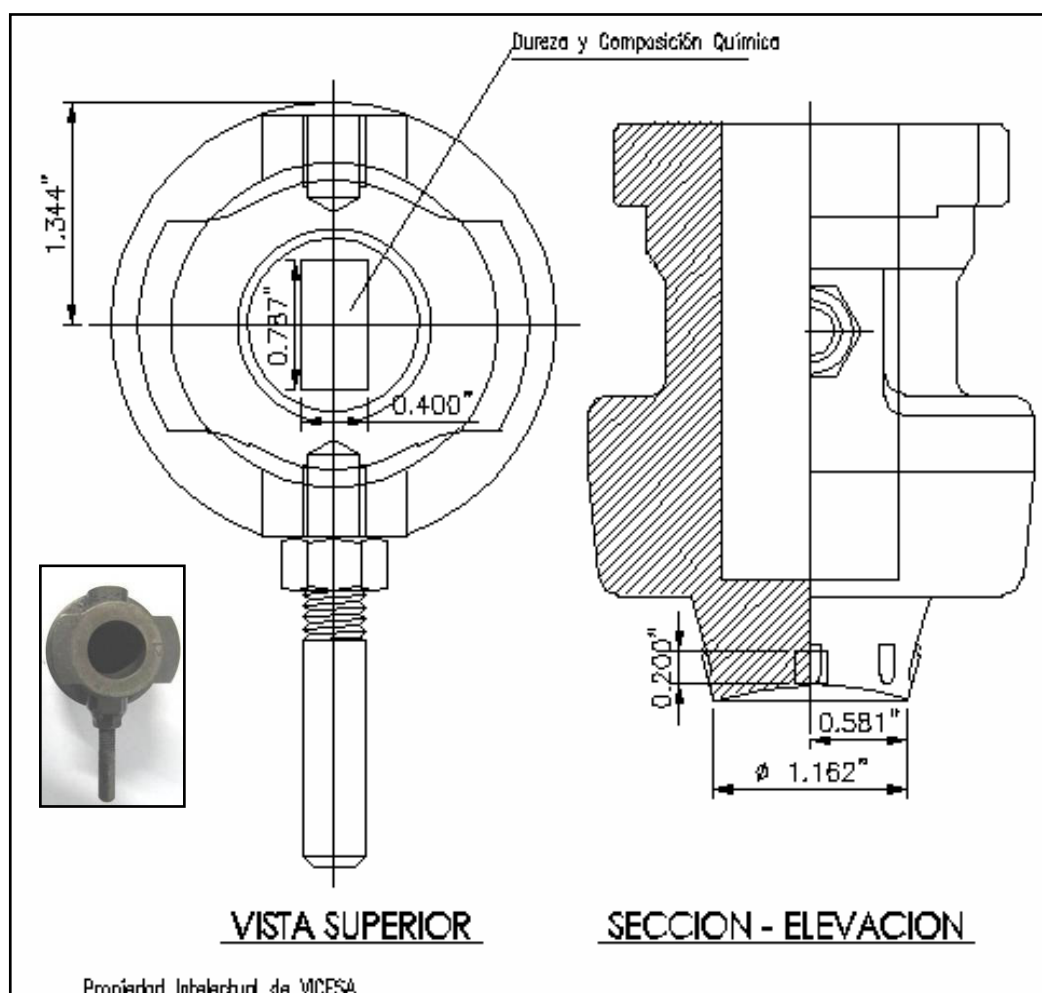


Figura No.45: Dibujo del obturador de la Moldura C-1925 y en el recuadro la fotografía de este.

Obturador 21: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.29.

Cuadro No.29.: Resultados del Obturador 21, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Obturador	21
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (150lbf)
Dureza	1	49,50	Promedio 49,20
	2	49,00	
	3	50,00	
	4	48,50	
	5	49,00	
HRB	HRC	HV	HB
-	49,20	510,00	485,00
Prueba:	Fluorecencia de Rayos X		
Elemento	Simbolo	Cantidad	(±)
Zinc	Zn	1,08	0,15
Cobre	Cu	0,59	0,13
Niquel	Ni	97,27	0,36
Cobalto	Co	0,75	0,09
Hierro	Fe	0,19	0,04
Cromo	Cr	0,00	0,00
Molibdeno	Mo	0,00	0,00
Wolframio	W	0,00	0,00
	Total	99,88	

Los resultados del obturador 21, C-1925 son:

- De acuerdo al Cuadro No.29, se obtiene, con valores de medición precisos, una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 49,2HRC ó de 485HB.
- Los resultados de análisis químico presentan una aleación a base de níquel en un 97,27% y con una dureza en la zona de contacto con el vidrio es de 49,20HRC.

Para analizar los resultados obtenidos por los pistones, se demuestra en la Figura No.46 la señalización de la prueba de análisis químico y de la prueba de dureza.

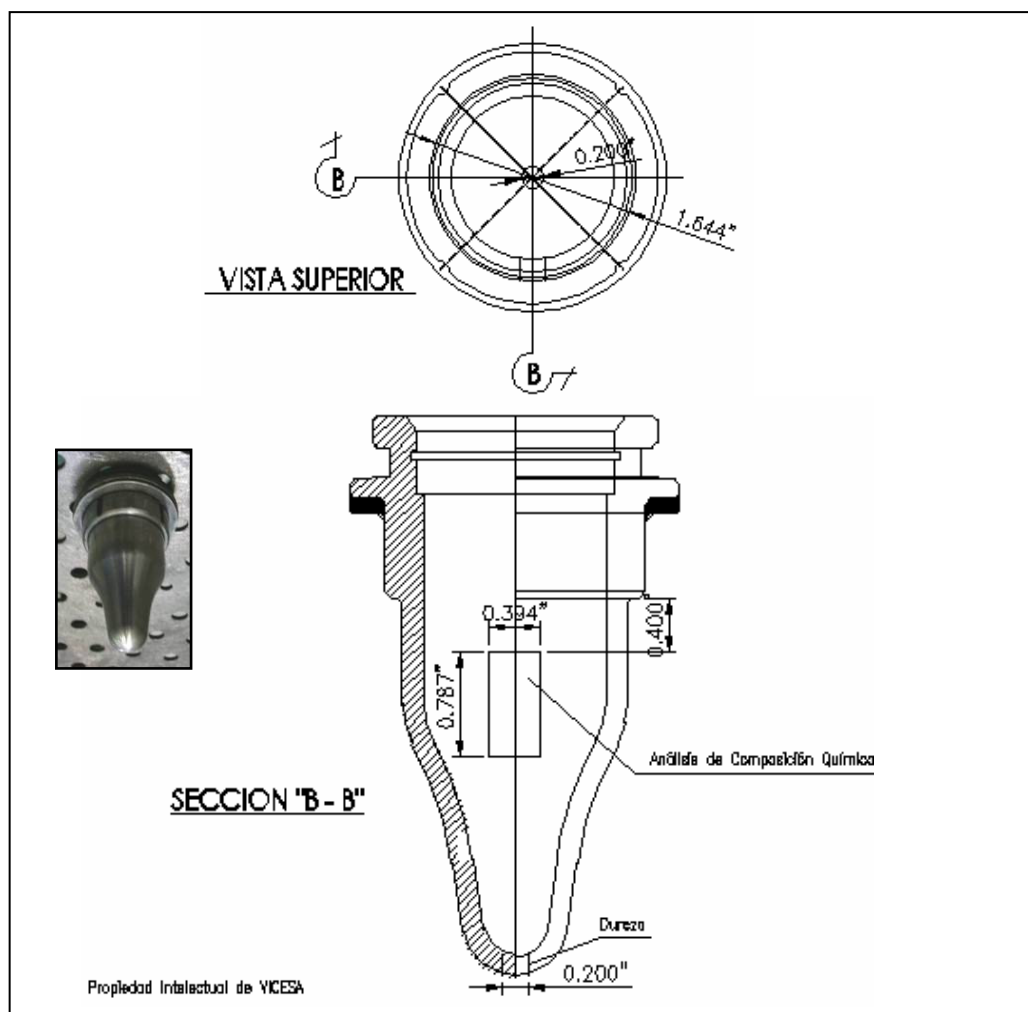


Figura No.46: Dibujo del pistón de la Moldura C-1925, y en el recuadro la fotografía de este.

Los resultados de las pruebas de análisis de los pistones se representan en los Cuadros No.30 y No. 31.

Cuadro No.30: Resultados del Pistón, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Pistón	-
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (150lbf)
Dureza	1	45,00	Promedio 44,30
	2	44,50	
	3	42,50	
	4	46,00	
	5	43,50	
HRB	HRC	HV	HB
-	44,30	449,28	437,28
Prueba:	Fluorecencia de Rayos X		
Elemento	Simbolo	Cantidad	(±)
Zinc	Zn	0,91	0,17
Cobre	Cu	0,67	0,18
Niquel	Ni	85,63	0,65
Cobalto	Co	0,71	0,14
Hierro	Fe	2,05	0,13
Cromo	Cr	9,29	0,30
Molibdeno	Mo	0,00	0,00
Wolframio	W	0,00	0,00
	Total	99,26	

Cuadro No.31: Resultados del Pistón, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Pistón	-
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (150lbf)
Dureza	1	45,00	Promedio 42,50
	2	41,50	
	3	41,00	
	4	42,00	
	5	43,00	
HRB	HRC	HV	HB
-	42,50	419,90	411,90
Prueba:	Fluorecencia de Rayos X		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(+)
Zinc	Zn	0,73	0,13
Cobre	Cu	0,78	0,14
Níquel	Ni	85,36	0,49
Cobalto	Co	0,92	0,11
Hierro	Fe	2,23	0,10
Cromo	Cr	9,29	0,23
Molibdeno	Mo	0,00	0,00
Wolframio	W	0,00	0,00
	Total	99,31	

Los resultados de los pistones, C-1925, presentan una aleación a base de níquel 85,36% y 85,63%, con una dureza de 42,50HRC y 44,30HRC.

Para analizar los resultados obtenidos por el enfriador, se demuestra en la Figura N.47, la señalización de la prueba de análisis químico, de la metalografía y de la prueba de dureza.

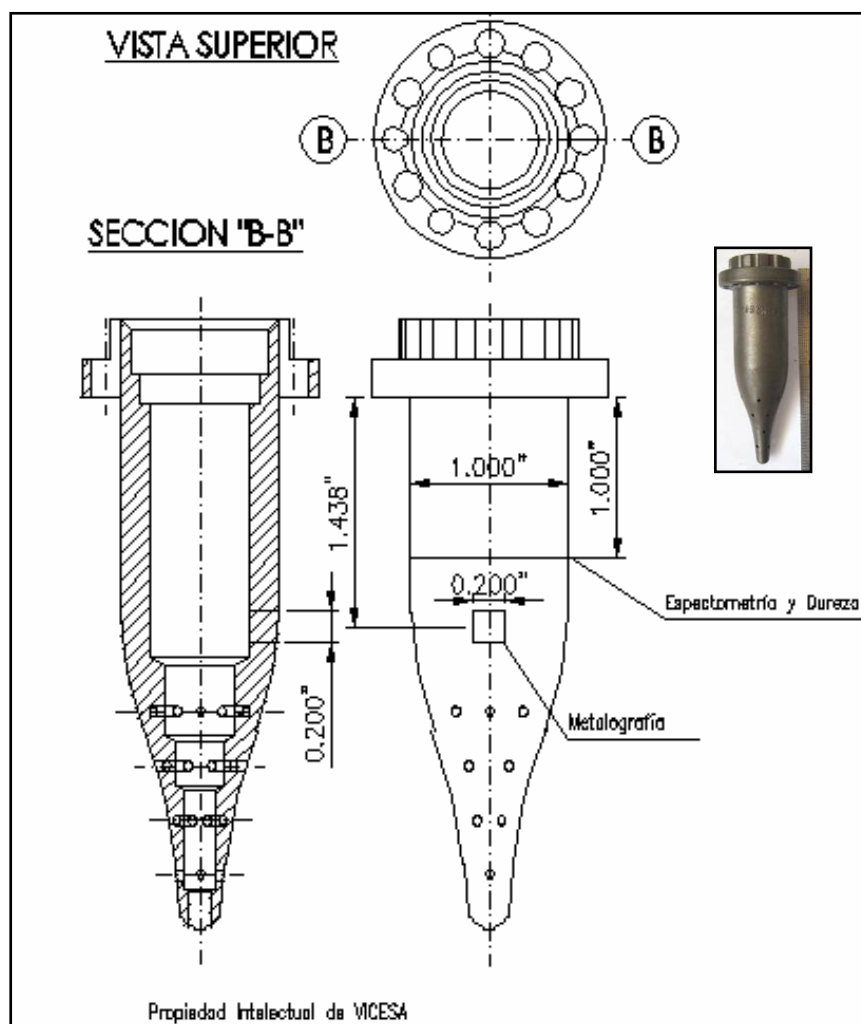


Figura No.47: Dibujo del enfriador de la moldura C-1925 y en el recuadro fotografía de este.

Enfriador 18: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.32, y en la Figura No.48.

Cuadro No.32: Resultados del Enfriador 18, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Enfriador	18
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (100lbf)
Dureza	1	77,00	Promedio 79,00
	2	81,00	
	3	79,00	
	4	79,00	
	5	79,00	
HRB	HRC	HV	HB
79,00	-	147,81	147,81
Prueba:	Metalografía		
Descripción			
Sin ataque se observa inclusiones no metálicas			
Prueba:	Espectrometría		
Elemento	Símbolo	Cantidad	Desviación Estándar
Carbono	C	0,063	0,002
Silicio	Si	0,000	0,000
Azufre	S	0,239	0,012
Fósforo	P	0,011	0,001
Manganeso	Mn	1,344	0,035
Cromo	Cr	0,043	0,000
Níquel	Ni	0,065	0,001
Molibdeno	Mo	0,024	0,001
Cobalto	Co	0,002	0,000
Vanadio	V	0,005	0,000
Cobre	Cu	0,116	0,002
Hierro	Fe	98,088	0,000
	Total	100,000	

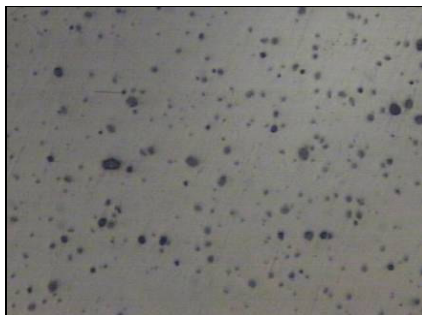


Figura No.48: Metalografía a 100X, sin ataque, ubicación zona de contacto del enfriador 18, C-1925; se observan inclusiones no metálicas.

Los resultados del enfriador 18 presentan

- Un porcentaje de carbono del 0.063%, además el elemento de aleación de mayor porcentaje el manganeso, 1,344%, sobrepasa el porcentaje teórico (0,30% a 0,80%), sin embargo, se añade tal cantidad para neutralizar la influencia del azufre, impureza que está presente en el enfriador en un 0,239% (donde el máximo teórico es de 0,04%). Una razón para estas cantidades dadas, es porque el azufre algunas veces se agrega voluntariamente en grandes cantidades 0,06% a 0,30% para aumentar la maquinabilidad.
- La presencia de inclusiones no metálicas se confirma al observar la metalografía, Figura No. 48 y en el Cuadro No.32. La dureza del enfriador es de 79HRC.

Para analizar los resultados obtenidos por las coronas, se demuestran en las Figuras No.49 y No.50, la señalización de la prueba de análisis químico y de la prueba de dureza.

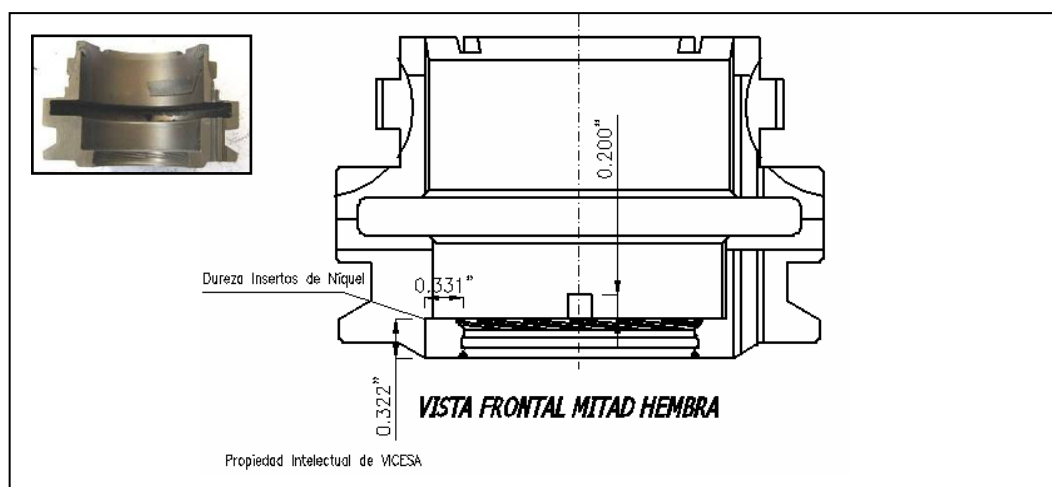


Figura No.49: Dibujo de la vista frontal de la corona de la Moldura C-1925 y en el recuadro fotografía de esta.

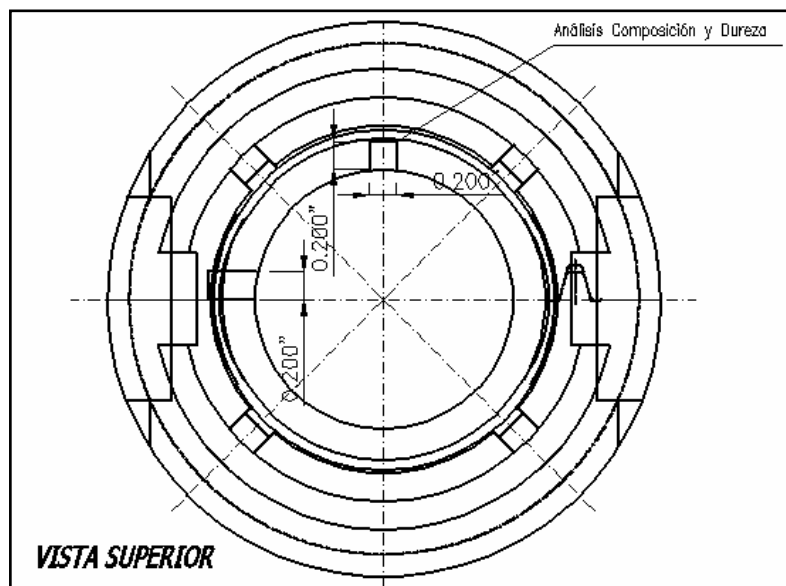


Figura No.50: Dibujo de la Vista Superior de la Corona de la Moldura C-1925

Corona 102: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.33 para el inserto de níquel y en el Cuadro No.34 el material de la corona.

Cuadro No.33: Resultados del Inserto de Níquel de la Corona 102, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Inserto Ni	102
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (150lbf)
Dureza	1	37,00	Promedio 39,60
	2	40,00	
	3	37,00	
	4	43,00	
	5	41,00	
HRB	HRC	HV	HB
-	39,60	389,59	384,63

Cuadro No.34: Resultados del Corona 102, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Corona	102
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (980N)
Dureza	1	89,00	Promedio 89,80
	2	92,00	
	3	86,00	
	4	91,00	
	5	91,00	
HRB	HRC	HV	HB
89,80	-	179,78	179,78
Prueba:	Fluorecencia de Rayos X		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(+)
Cobre	Cu	72,86	0,49
Níquel	Ni	17,97	0,24
Hierro	Fe	1,24	0,08
Zinc	Zn	7,04	0,21
Manganeso	Mn	0,34	0,08
Cobalto	Co	0,10	0,04
Plomo	Pb	0,14	0,05
	Total	99,69	
Prueba:	Análisis de Absorción y Emisión Atómica (g/100g muestra)		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(+)
Aluminio	Al	14,70	1,4

Los resultados de la corona presentan una aleación a base de cobre 72,86% con una dureza de 89,8HRB ó de 179,78HB. El elemento aluminio esta representado con un porcentaje de 14,70%. El inserto de níquel presenta una dureza de 39,6HRB ó de 384,63HB.

Corona 25: los resultados de las pruebas de análisis se representan en el Cuadro No.35 para el material de la corona y en el Cuadro No.36 el inserto de níquel.

Cuadro No.35: Resultados del Corona 25, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Corona	25
Prueba:	No de Prueba	HRB	HRB (980N)
Dureza	1	94,00	Promedio 93,20
	2	95,00	
	3	94,00	
	4	92,00	
	5	91,00	
HRB	HRC	HV	HB
93,20	-	199,14	199,14
Prueba:	Fluorecencia de Rayos X		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(±)
Cobre	Cu	72,29	0,47
Níquel	Ni	19,01	0,24
Hierro	Fe	1,18	0,07
Zinc	Zn	6,80	0,20
Manganeso	Mn	0,34	0,07
Cobalto	Co	0,11	0,04
Plomo	Pb	0,00	0,00
	Total	99,73	
Prueba:	Análisis de Absorción y Emisión Atómica (g/100g muestra)		
Elemento	Símbolo	Cantidad	(±)
Aluminio	Al	14,70	1,4

Cuadro No.36: Resultados del Inserto de Níquel de la Corona 25, C-1925

Planta Vidriera Centroamericana S. A. VICESA			
Resultados	Set 10	Moldura 1925	Corona 51-2200 SPE, PS
	Horno 200	Máquina: 204	Colados Gerber 4oz - Paso 2
	CV: 3	Proceso: PS, 22	Fabricada por: Perego
Moldura	Set	Pieza	Número
1925	10	Inserto Ni	25
Prueba:	No de Prueba	HRC	HRC (150lbf)
Dureza	1	38,00	Promedio 41,10
	2	38,00	
	3	41,00	
	4	43,00	
	5	45,50	
HRB	HRC	HV	HB
-	41,10	409,28	402,28

Los resultados de la corona presentan una aleación a base de cobre 72,29% con una dureza de 93,2HRB ó de 199,14HB. El elemento aluminio esta representado con un porcentaje de 14,7%. El inserto de níquel presenta una dureza de 41,1HRB ó de 402,28HB.

Analizando las características obtenidas de las pruebas de cada una de las piezas de moldura C-1925, se tiene:

- Para esta moldura se debe cumplir lo referido según, García, 1997, donde especifica que para un bombillo, molde, fondo u obturador de fundición gris requiere de una dureza mayor de 145HB a 180HB con un carbono equivalente en el rango de 4,2%-4,4%, y que el aumento de tamaño en las escamas de grafito genera mayor conductividad térmica. Por ende, se compara a cada una de estas piezas con esta información.

- Los resultados del molde 4 son semejantes a los del molde 18, ya que como se observa tienen resultados similares de dureza en la zona de contacto y de los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño de grafito, pero no coinciden con las especificaciones de los Cuadros No.7 y No.8.

- El fabricante también utiliza un método de colada continua en barra para esta moldura, donde el tamaño de grano aumenta desde el centro hacia el exterior, y la compactación de la escama u hojuela (Tipo VII) disminuye mientras se amplía el diámetro, afectando la distribución del grafito.

- Por consiguiente, la presencia de la distribución D en lugar de la distribución E, se debe a un enfriamiento en la barra que no permite la segregación interdendrítica con orientación preferente, sin embargo, de acuerdo a la teoría el tipo D fue desarrollado para la industria de moldes para vidrio donde se requieren una estructura fina del grano y maquinabilidad superior final, donde el crecimiento dimensional debido a los ciclos repetidos de calentamiento y de enfriamiento es mínimo debido al tamaño más pequeño de escama de grafito (8), pero este tipo no se crea para endurecerse.

- Los moldes producidos por el fabricante, Perego, presentan un patrón similar con distribuciones dominantes de D y A, y en menor medida B, tamaños de grano entre 3 y 8, con una dureza promedio de 137,14HB y con rangos de carbono equivalente entre 3.05% y 4.4%.

- En consecuencia, la variación de la estructura de la matriz dentro de las especificaciones contribuye a garantizar la inestabilidad dimensional de la moldura, la distorsión y la fatiga térmica a lo largo de la vida útil de la moldura. Además, para optimizar la distribución de calor debe cumplirse los patrones de los Cuadros No.7 y 8, porque estos presentan tamaños de 2 a 5 a partir de una distancia de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ pulg.

- El carbono equivalente sobrepasa el límite inferior, por ende, esta variación no asegura una transmisión de calor uniforme, causando una mayor variación de espesor de pared en el envase (García, 1997).

- Los resultados del bombillo 31 son semejantes a los del bombillo 37, ya que como se observa tienen resultados similares de dureza en la zona de contacto y de los resultados de las metalografías sobre la distribución y el tamaño de grafito, pero no coinciden con las especificaciones de los Cuadros No.7 y No.8.

- Al igual que los moldes el fabricante utiliza el método de colada continua en barra, no obstante, la presencia de la distribución E indica que el sistema de enfriamiento para los bombillos permite y controla la segregación interdendrítica con orientación preferente.

- La presencia de la distribución A más cerca de la zona de contacto con el vidrio refleja mayor aumento en la dureza.

- Los bombillos producidos por el fabricante presentan un patrón semejante con distribuciones dominantes de E, D y A, y no dominante B, tamaños de grano entre 3 y 8, por consiguiente, con una dureza promedio de 218,65HB y con rangos de carbono equivalente entre 4%-4.4%.

- A pesar de que en los bombillos la variación de la estructura de la matriz dentro de las especificaciones es mínima, se deben controlar para garantizar el aumento de la vida útil de la moldura.

- Los resultados del fondo 38 presenta una dureza en la zona de contacto con el vidrio de 157,36HB, dentro de los límites de especificación, pero el carbono equivalente es de 3,05-3,43%, ya que la distribución es D y el tamaño de grafito 8.

- La presencia de la distribución D y el tamaño de 8 en la zona de contacto con el vidrio no coincide con los resultados de los moldes y los bombillos. Sin embargo, no coinciden con lo requerido en los Cuadro No.7 y No.8.

- Por consiguiente, sucede al igual que los moldes, que la variación de la estructura de la matriz dentro de las especificaciones contribuye a garantizar la inestabilidad dimensional de la moldura, la distorsión y la fatiga térmica a lo largo de la vida útil de la moldura.

- Al igual que los moldes en los fondos el carbono equivalente sobrepasa el límite inferior, por ende, esta variación no asegura una transmisión de calor uniforme, causando una mayor variación de espesor de pared en el envase.

- Los resultados del obturador 21 no coinciden con las especificaciones del Cuadro No.2, ya que la dureza en la zona de contacto con el vidrio es de 49,20HRC, mayor a los rangos dados por los fabricantes de Dameron, y los elementos aleantes no coinciden con Dameron 30 ó 40

- Los resultados de los pistones no coinciden con las especificaciones del Cuadro No.2, ya que, presentan una aleación de níquel que no es Dameron 30 ó 40.

- Los resultados del enfriador 18, no coincide con la especificación del tipo de acero en el Cuadro No.2, C 0.063%.

- Los resultados de las coronas 102 y 25, coinciden con la especificación del tipo de aleación a base de cobre dada en el Cuadro No.2. Clasificándose como Minox (Eballoy® 700), porque poseen los mismos componentes aleantes con los respectivos porcentajes y una dureza promedio 189,46HB.

- La prueba de dureza para los insertos de níquel coincide con la teoría al tener una dureza promedio de 40,35HRC.

En consecuencia, se analiza los resultados de las piezas de ambas molduras, y se observa que las piezas de la C-1925 coinciden mayormente con las especificaciones de los Cuadros No.2, No.7 y No.8, en comparación a las piezas de la C-1615.

Por consiguiente, se establece que las piezas de la C-1925 dieron mayor rendimiento en el proceso de fabricación, lo que se justifica realizando la comparación entre las carreras de ambas molduras, y obteniendo que presentó una mayor eficiencia real la moldura C-1925.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

1. Al analizar las características metalúrgicas de los materiales de la moldura C-1615 conjunto 23, se obtiene que no coinciden con las especificaciones que tiene la empresa para el proceso de fabricación del envase de vidrio de la cerveza Red Stripe, las siguientes piezas molde, bombillo, fondo, obturador, enfriador y pistón.
2. Al analizar las características metalúrgicas de los materiales de la moldura C-1615 conjunto 23, se obtiene que sí coincide con las especificaciones que tiene la empresa para el proceso de fabricación del envase de vidrio de la cerveza Red Stripe, la pieza denominada corona junto a su inserto de níquel.
3. Al analizar las características metalúrgicas de los materiales de la moldura C-1925 conjunto 10, se obtiene que no coinciden con las especificaciones que tiene la empresa para el proceso de fabricación del envase de vidrio de colados Gerber, las siguientes piezas molde, bombillo, fondo, obturador, enfriador y pistón.
4. Al analizar las características metalúrgicas de los materiales de las molduras C-1925 conjunto 10, se obtiene que sí coincide con las especificaciones que tiene la empresa para el proceso de fabricación del envase de vidrio de colados Gerber, la pieza denominada corona junto a su inserto de níquel.
5. Al identificar los materiales y las especificaciones que conforman las distintas piezas de la moldura C-1615, se tiene que son fabricados con fundición gris los moldes, los bombillos, los fondos y los obturadores, con acero al C 0.030% los enfriadores, con una aleación a base de níquel entre 47,16% y 65,22% los pistones y con una aleación de cobre entre 72,40% y 72,63% las coronas.
6. Al identificar los materiales y las especificaciones que conforman las distintas piezas de la moldura C-1925, se tiene que son fabricados con fundición gris los moldes, los bombillos y los fondos, con acero al C 0.063% los enfriadores, con

una aleación a base de níquel de 92,27% el obturador y entre 85,36% y 85,63% los pistones, y con una aleación de cobre entre 72,86% y 72,29% las coronas.

7. Al seleccionar una guía de pruebas de caracterización que se pueden realizar en el país, se escoge pruebas de dureza, microdureza, espectrofotometría, metalografía, fluorescencia de rayos X y la técnica que utiliza la adsorción y/o emisión atómica por aspiración directa.
8. Al corroborar que las especificaciones de los materiales obtenidos son los adecuados para el proceso de fabricación, se tiene de acuerdo a la teoría que la presencia de la distribución D fue desarrollada para la industria de moldes para vidrio donde se requieren una estructura fina del grano y maquinabilidad superior final, donde el crecimiento dimensional debido a los ciclos repetidos de calentamiento y de enfriamiento es mínimo debido al tamaño más pequeño de escama de grafito.

B. Recomendaciones

1. Concienciar que cada conjunto de moldura procesan miles de envases en su vida útil, por ende, cualquier iniciativa en el control de fabricación de este generara amplios beneficios en el proceso de fabricación de envases de alta calidad.
2. Implementar la inspección por variables para cada pieza de una moldura, para medir la desviación del producto respecto a las especificaciones de la empresa⁶.

⁶ Referencia García, 1997.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, Gerardo. *Misión de Mini Compañía de Moldura*. Cartago. Vidriera Centroamericana S. A. 2007.
2. Aceros Arequipa. *Consultas Técnicas: fundición nodular*. Julio, 2007. <http://www.acerosarequipa.com/forumcontenido.asp?ID=105&Tema=Consultas&TemaComp=Consultas%20T%C3%A9cnicas>.
3. American Society for Testing and Materials (ASTM) (A). ASTM Standards on Disc™. License Agreement. (Norma), 2005. ASTM International, West Conshohocken, 2005.
4. American Society for Testing and Materials (ASTM) (B). ASTM Standards on Disc™. Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens. Vol. 03.01. (Norma), E3-01. ASTM International, West Conshohocken, 2005.
5. American Society for Testing and Materials (ASTM) (C). ASTM Standards on Disc™. Standard Test Method for Evaluating the Microstructure of Graphite in Iron Castings. Vol. 01.02. (Norma), A247-67(1998). ASTM International, West Conshohocken, 2005.
6. American Society for Testing and Materials (ASTM) (D). ASTM Standards on Disc™. Standard Specification for Ferritic Ductile Iron Pressure-Retaining Castings for Use at Elevated Temperatures. Vol. 01.02. (Norma), A395/A 395M-99 (Reaprobado 2004). ASTM International, West Conshohocken, 2005.
7. Calderón, Enrique. Determinación de elementos críticos y análisis de modos de falla y efectos de las máquinas I. S. Proyecto de Graduación para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería de Electromecánica (Documento no Publicado), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Junio, 2005.
8. Cátedra de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla (CCMIM). *Fundición gris*. Julio, 2007. <http://www.esi2.us.es/IMM2/Pract-html/y2.html>.
9. Céspedes, Raquel. Optimización del proceso de extracción de arena sílica Tipo A en SICORSA implementando prototipos diseñados en la empresa. Práctica Dirigida

- (CM4300) para optar por el grado de Bachiller en Ingeniería de los Materiales (Documento no Publicado), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Noviembre, 2006.
10. Colmonoy (A). “*Applications for Colmonoy® Hard-Surfacing and Metallizing Products*”. Julio, 2007. <http://microcraft.com/Products/Coating/Applications/PulpApps.htm>.
 11. Colmonoy (B). *Colmonoy 4*. Julio, 2007. http://www.wallcolmonoy.com/Products/Coating/Datatables/coatingdata_Col4.htm.
 12. Colmonoy (C). *Colmonoy 226*. Julio, 2007. http://www.wallcolmonoy.com/Coating/Datatables/coatingdata_Col226.htm.
 13. Colmonoy (D). “*Nickel Based Alloy Colmonoy*”. Julio, 2007. <http://www.wallcolmonoy.com/Nickel-Based-Alloy.htm>.
 14. Conejo, Mario. Jiménez Ronald. *Laboratorio de Tecnología de Materiales. Manual de Prácticas*. Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2004.
 15. Dameron (A). “*Alloy reference guide*”. Julio, 2007. http://www.dameron.net/downloads/DAF_alloyGuide.pdf.
 16. Dameron (B). *Información técnica*. Julio, 2007. <http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.dameron.net/&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3Ddameron%2B%26hl%3Des%26lr%3D>.
 17. Deloro Stellite Group. *Descripción de Stellite 12*. Julio, 2007. http://www.stellite.com/alloys_stellite_12.asp.
 18. Durabar (A). “*GIA Gray*” Julio, 2007. <http://www2.durabar.com/products/g1ab.cfm>.
 19. Durabar (B). “*GIA Gray, General Description, Microstructure, Heat Treat Response*” Julio, 2007. <http://www.dura-bar.com/products/g1a.cfm>.
 20. Durabar (C). “*Material Advantages*”. Julio, 2007. <http://www.dura-bar.com/advantages/material-advantages.cfm>.
 21. Educajob. *Acabados y tratamientos de los metales*. Julio, 2007. http://www.educajob.com/xmoned/temarios_elaborados/tecnologia/Tema%2041.htm.
 22. Erie Bronze (A). “*Alloy Metals and Chemistries*”. Julio, 2007. <http://www.eriebronze.com/alloys.asp>.

23. Erie Bronze (B). “Eballoy® Glass Mould Alloys”. Julio, 2007. http://www.eriebronze.com/glass_mould_alloys.asp.
24. Erie Bronze (C). *Eballoy 690®*. Julio, 2007. <http://www.eriebronze.com/register.asp?thefile=eballoy%20690.pdf>.
25. Erie Bronze (D). *Eballoy 700®*. Julio, 2007. [http://www.eriebronze.com/register.asp?thefile=eballoy%20700\(1\).pdf](http://www.eriebronze.com/register.asp?thefile=eballoy%20700(1).pdf).
26. Erie Bronze (E). “*Quality Assurance*”. Julio, 2007. http://www.eriebronze.com/quality_assurance.asp.
27. Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. *Guía para la Elaboración de Informes: Proyecto Final de Graduación (recomendaciones para su presentación) y Practica Dirigida*. Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2007.
28. Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. *Guía para la Elaboración de un Informe Técnico y Recomendaciones para su Presentación Oral*. Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2005.
29. García, David. *BC-21 Datos técnicos para la fabricación de molduras*. CATVE. México, Grupo Vitro, 1997.
30. Gestipolis (A). *Envase*. Junio, 2007 <http://www.gestipolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/envaseempauqeembalaje.htm>.
31. Gestipolis (B). *Envase continuación*. Junio, 2007 <http://www.gestipolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/envaseempauqeembalaje2.htm>.
32. Grupo VICAL. *Bienvenidos*. Junio, 2007. <http://www.grupovical.com/>
33. .INFOACERO. *Efectos de los Elementos de Aleación*. Julio, 2007. <http://www.infoacero.cl/acero/efectos.htm>.
34. Ingenierías. *Hojuelas de grafito en hierro fundido gris*. Julio, 2007. http://ingenierias.uanl.mx/10/pdf/10_Moises_Hinojosa_et_al_Hojuelas.pdf.
35. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO). *Entorno económico de Vitro*. Julio, 2007. <http://iteso.mx/~fnunez/eevargasfinal.doc>.
36. Radzikowska, Janina. “*Preparation of Cast Iron Foundry Alloys*”. Octubre, 2007. <http://www.metallography.com>
37. Larburu, Nicolás. *Máquinas Prontuario. Técnicas de Maquinas y Herramientas*. España, Paraninfo, 1991.

38. Laboratorio (A). *Microestructura de fundiciones de hierro*. Julio, 2007. http://www.utp.edu.co/~publio17/laboratorio/micro_hierro.htm.
39. Laboratorio (B). *Microestructura de fundiciones de hierro (PPT)*. Julio, 2007. http://www.utp.edu.co/~publio17/laboratorio/micro_fe_files/frame.htm
40. Laboratorio de Materiales. *Análisis térmico*. Julio, 2007. <http://www.systemcove.com/descarga/12.doc>.
41. Marín, Dennis. Plan estratégico de mercadeo para el Departamento de Reciclaje de la empresa VICESA. Proyecto de Graduación para optar por el grado Bachiller en Administración de Empresas (Documento no Publicado), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Junio, 2006.
42. Meneses, Marco. *Política de Calidad*. Cartago. Vidriera Centroamericana S. A. 2004.
43. PAGIS (Pittsburgh Area Glass Industry Suppliers). "*Serving the Glass Industry Worldwide from Western Pennsylvania*". Julio, 2007 http://www.quantumforming.com/media/MAIN_pagis_book.pdf.
44. Peterson Steel. *Dura-Bar Fundición gris y nodular*. Julio, 2007. <http://www.petersonsteel.com/durabar.asp>.
45. Perego (A). *Historia*. Junio, 2007. <http://www.gperego.it/>.
46. Perego (B). *Productos*. Junio, 2007. <http://www.gperego.it/>.
47. Perego (C). *Proyectos*. Junio, 2007. <http://www.gperego.it/>.
48. Perego (D). *Sectores de actividad*. Junio, 2007. <http://www.glassonline.com/perego/index.html>.
49. Perego (E). *Tecnología*. Junio, 2007. <http://www.gperego.it/>.
50. Production Machining. "*A Look At Today's Cast Iron*". Julio, 2007. <http://www.productionmachining.com/articles/030302.html>.
51. Reboratti, Carlos. Castro, Hortensia. *Estado de la cuestión y análisis crítico de textos: guía para su elaboración*. Julio, 2007, <http://www.filo.uba.ar/contenidos/carreras/geografia/catedras/georural/sitio/Ficha%20Estado%20de%20la%20cuestion.pdf>.
52. Ruiz, Alejandro. *BC-I Fabricación de Molduras Nuevas*. CATVE. México, Grupo Vitro (FAMA), 1985.

53. Saenz, Cecilio. *BC-15 Inspección de Molduras. Instrucción Básica. Manejo y Control de Molduras en General*. CATVE. México, Grupo Vitro (FAMA), 1997.
54. Sinter Cast. “*CGI Inför Ett Genombrott (on the verge of a breakthrough)*”. Julio, 2007. http://www.gjuteriforeningen.se/aktuellt/stamma/CGI_SinterCast.pdf.
55. Sociedad española de cerámica y vidrio. *Libros y Noticias*. Julio, 2007. boletines.secv.es/upload/20070112125311.contenido_adicional_45%5B2%5D.pdf.
56. Stellite (A). “*Alloy Database*”. Setiembre, 2007. <http://www.stellite.com/alloydatabase/nominal.asp?b=Cobalt>.
57. Stellite (B). “*Glass*”. Julio, 2007. http://www.stellite.com/industrial_applications_conversion_glass.asp.
58. Stellite (C). *STELLITE® 6*. Julio, 2007. http://www.stellite.com/alloys_stellite_6.asp.
59. Stellite (D). *STELLITE® 6B*. Julio, 2007. http://www.stellite.com/alloys_stellite_6b.asp.
60. Tamez, Rubén. *BC-2 Manejo y Control de Molduras en General*. CATVE. México, Grupo Vitro (FAMA), 1985.
61. Taller. *Sistemas de Red tintas*. Julio, 2007. <http://www.atdl.org/images/upload/comunicados/articulos/Sistema%20de%20Red%20de%20Tintas-0Asuncion.pdf>
62. Tejada, Ricardo. *BC 20 Diseño de Envases A. G. R. Programa de Molduras*. CATVE. México, Grupo Vitro, 1997.
63. UNED. Espectrometría de fluorescencia de rayos x. Octubre, 2007. <http://www.uned.es/cristamine/mineral/metodos/xrfs.htm>.
64. Universidad de Cambrige. “*Cast Irons*”. Julio, 2007. <http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2001/adi/cast.iron.html>.
65. Utp.edu. *Aceros aleados*. Julio, 2007. http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_aleados.htm
66. VICAL (A). *Contáctenos*. Julio, 2007. http://www.grupovical.com/main_frame_contactenos.htm.
67. VICAL (B). *Productos*. Julio, 2007. http://www.grupovical.com/main_frame_productos.htm.

68. VICAL (C). *Servicios*. Julio, 2007. http://www.grupovical.com/main_frame_servicios.htm.
69. Vitro (A). *Colores del Vidrio*. Junio, 2007, http://www.vitro.com/envases/espanol/Biblioteca_3467.htm.
70. Vitro (B). *Descripción del envase*. Junio, 2007, http://www.vitro.com/envases/espanol/Biblioteca_3469.htm.
71. Vitro (C). *Informe anual 98*. Julio, 2007. <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=129727&p=irol-reportsannual>.
72. Vitro (D). *¿Qué es le vidrio?* Junio, 2007, http://www.vitro.com/envases/espanol/Biblioteca_3466.htm.
73. Weldwell New Zealand (A). *Stellite 6*. Julio, 2007. http://www.weldwell.co.nz/products/gas_welding/stellite6.htm.
74. Weldwell New Zealand (B). *Stellite 12*. Julio, 2007. http://www.weldwell.co.nz/products/gas_welding/stellite12.htm.
75. West Rode. *Stellite 12®*. Julio, 2007. <http://www.westrode.com/Catalogo%20WR/Stoody-Hojas/otros/Stellite%2012.pdf>
76. Wikipedia. *Acero*. Julio, 2007. <http://es.wikipedia.org/wiki/Acero>.
77. Zelmira. *Reciclemos el vidrio*. Junio, 2007. http://www.tiazelmira.com/reciclaje/index_02.htm.