

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y
METALURGICA**



**PROYECTO DE MODIFICACIÓN DEL GRIZZLY EN
BHP BILLITON TINTAYA**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

ABDÍAS ALFREDO CALDERÓN CRUZ

LIMA - PERU

2006

SUMARIO

En el presente informe se detalla las condiciones originales en las que trabajaba el Grizzly de la Planta de Sulfuros de BHP Billiton Tintaya, que es una de las corporaciones mineras más importantes del mundo. Seguidamente se describen las dificultades de operación que desembocaban en paradas de planta y elevados costos derivados del cambio de grizzly. Finalmente se describe el Proyecto de FUNVESA para cambiar el diseño del grizzly en el que se colocaron anclajes capaces de soportar protectores, fáciles de instalar y cambiar para mejorar los tiempos incurridos en el cambio.

Con la aprobación de la propuesta, por la Superintendencia de Planta y la Jefatura de Mantenimiento de BHP Billiton Tintaya, se puso en marcha el proyecto de “Cambio de Diseño de Grizzly”. El tiempo transcurrido entre la aceptación de la propuesta y la puesta en marcha fue de tres meses. La instalación se ejecuto en Setiembre del 2003.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	7
I BHP BILLITON TINTAYA	9
1.1. BHP Billiton	9
1.2. BHP Billiton Tintaya	11
II CONDICIONES ORIGINALES DEL GRIZZLY	12
2.1. Diseño original del grizzly	13
2.2. Análisis del material enviado al grizzly	19
2.2.1. Análisis químico	19
2.2.2. Propiedades mecánicas	19
III EVALUACIÓN DEL PROBLEMA	20
3.1. Elevado número de horas hombre en el cambio de grizzlys	20
3.2. Formación de fisuras cercanas a los soportes	21
3.3. Obstrucción de aberturas laterales	21
3.4. Elevados costos de los repuestos	21
IV PROYECTO DE MODIFICACIÓN	22
4.1. Consideraciones generales para el rediseño del grizzly	22

4.2. Modificaciones en el diseño del grizzly	24
4.3. Diseño modificado	26
V CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTECTORES	32
5.1. Aceros al manganeso	32
5.1.1. Norma ASTM A 128	32
5.1.2. Propiedades mecánicas de los aceros al manganeso	33
5.1.3. Tratamiento térmico y microestructura	33
5.1.3.1. Calentamiento	35
5.1.3.2. Enfriamiento	35
5.1.4. Efecto del tamaño de grano	35
5.1.5. Efecto de los elementos aleantes	36
5.1.5.1. Carbón	36
5.1.5.2. Silicio	36
5.1.5.3. Manganeso	36
5.1.5.4. Cromo	37
5.1.5.5. Níquel	37
5.1.5.6. Molibdeno	37
5.1.5.7. Vanadio	38
5.1.5.8. Aluminio	38
5.2. Fabricación del protector de grizzly	39
5.2.1. Diseño de colada	39
5.2.2. Evaluación del diseño de colada por elementos finitos	40
5.2.3. Datos técnicos del moldeo y vaciado	42
5.2.4. Tratamiento térmico	42

5.2.5. Control de calidad del protector	42
VI INSTALACIÓN DEL EQUIPO	43
VII EVALUACIÓN DE RESULTADOS	45
7.1. Impacto técnico de la mejora	45
7.2. Impacto económico de la mejora	46
VIII RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	47
IX BIBLIOGRAFÍA	48
X ANEXOS	49

INTRODUCCIÓN

Este informe presenta el Proyecto de cambio de diseño del grizzly en la Planta de Sulfuros de BHP Billiton Tintaya, realizado y ejecutado por Fundición Ventanilla S.A. en el 2003. La empresa encargo el proyecto al Jefe del Departamento de Ingeniería y Control de Calidad de Fundición Ventanilla S.A. (Ver Anexo A).

Los problemas con el grizzly original eran principalmente:

1. El tiempo en los cambios;
2. La frecuencia de los cambios.

Fundición Ventanilla S.A. decidió aceptar el encargo del rediseño de tal forma que la instalación trabajara como material estructural con anclajes para poder instalar e intercambiar fácilmente los protectores. Además, estos protectores deben resistir el impacto y la abrasión del mineral de mina que ingresa con mineral hasta de 0.8 metros de diámetro y caen desde una altura de 1.5 metros.

Los resultados fueron excelentes en todo sentido, siendo la empresa Fundición Ventanilla S.A. hasta la fecha, los proveedores exclusivos de los protectores de recambio.

Debo agradecer al Sr. Miroslav Jiras Sponza, Gerente de Marketing de la Empresa Fundición Ventanilla S.A. quien autorizó presentar este proyecto para poder optar el Título de Ingeniero Metalurgista.

I

BHP BILLITON TINTAYA

1.1. BHP Billiton

BHP Billiton es una de las empresas más grandes y diversificadas en explotación de recursos naturales; Se formó por la fusión entre BHP y Billiton.

BHP Billiton tiene en el mundo 69 empresas dedicadas a diferentes rubros ⁽¹⁾: Petróleo, Aluminio, Metales No-ferrosos, materiales para producción de aceros al carbono y aceros inoxidable, Diamantes y Energía a base de carbón.

La producción de Cobre de la Corporación BHP Billiton fue en el 2005, aproximadamente de 774.000 toneladas de Cobre a partir del Concentrado de Cobre y de 260.000 toneladas de Cobre a partir de los Cátodos para el 2005. (Ver Ilustración 1).

BHP Billiton se encuentra ubicada como la segunda gran productora mundial de cobre de mina. Produce aproximadamente el 12% de la producción mundial (Ver Ilustración 2).

Compañía	Producto	País	Participación	Producción 2005 (Tons de Cobre)
Concentrados				
Escondida	Cobre	Chile	57.50 %	578,200
Antamina	Cobre-Zinc	Perú	33.75 %	123,100
Tintaya	Cobre	Perú	99.95 %	72,700
			Total	774,000
Cátodos				
Escondida	Cobre	Chile	57.50 %	87,300
Cerro Colorado	Cobre	Chile	100.00 %	113,100
Tintaya	Cobre	Perú	99.95 %	34,400
Pinto Valley	Cobre	US	100.00 %	9,100
Olympic Dam	Cobre-Uranio	Australia	100.00 %	16,100
			Total	260,000

Ilustración 1. Producción de cobre de BHP Billiton

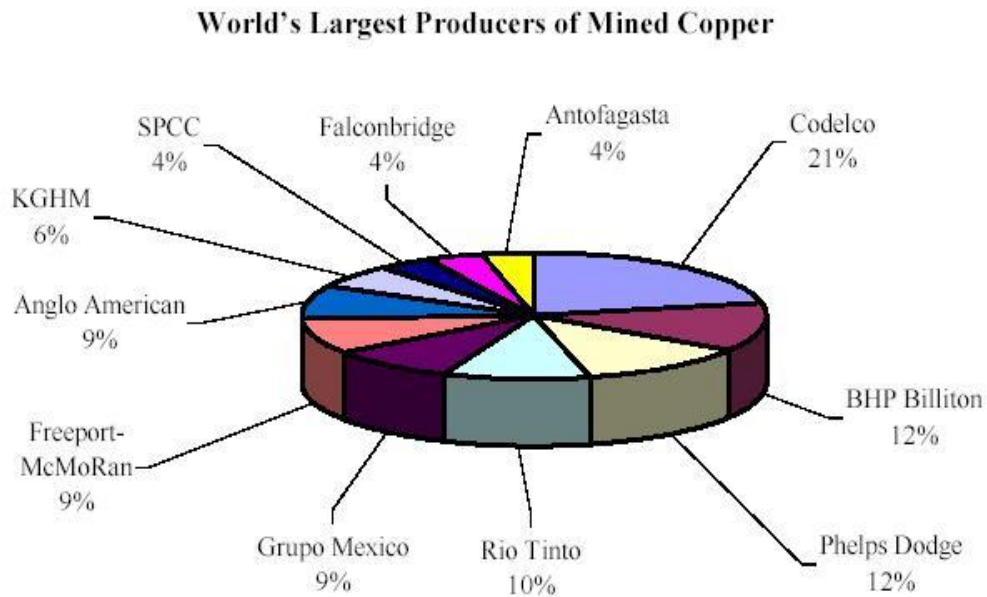


Ilustración 2. Producción de cobre de mina de BHP Billiton

1.2. BHP Billiton Tintaya

BHP Billiton Tintaya es la tercera productora de cobre en el Perú, después de Southern Perú y Antamina (donde BHP Billiton tiene una participación del 33.3%).

Se encuentra ubicada en la Provincia de Espinar.

Ranking Pep*	3053
Razón Social	Bhp Billiton Tintaya S.A.
Ruc	20114915026
Actividad	Extracción Min. Metalíferos No Ferrosos
Dirección Completa	Campamento Minero Tintaya (km.5 Yauri Carretera Cusco – Arequipa) Cusco Espinar Espinar.

*Pep: Principales Empresas del Perú.

II

CONDICIONES ORIGINALES DEL GRIZZLY

El grizzly es un equipo de operación que tiene como función tamizar el mineral de alimentación al circuito de chancado de sulfuros de cobre y esta situado antes de la chancadora primaria.

Originalmente estuvo conformada por:

- 5 barras del grizzly;
- 1 soporte superior;
- 1 soporte medio;
- 1 soporte inferior;
- 2 Bases de soportes.

Con piezas fabricadas por aceros al carbono de baja aleación con resistencias a la tracción de 126.5 kg/mm^2 que ha 42° reciben cargas hasta de 800 kg desde una altura de 1.5 metros, con aberturas de 70 mm ($2 \frac{3}{4}$ "") en su parte superior y 150 mm (6") en su parte inferior (Ver Ilustración 4), con un área libre total de 2,52 metros cuadrados.

El mineral retenido en el grizzly se envía a una Chancadora de Quijadas Nordberg C140.

2.1 Diseño original del Grizzly

Para llevar a cabo el proyecto se elaboraron los siguientes planos:

- Plano “Partes del diseño original” (Ver Ilustración 3)
- Plano “Desarrollo de vista superior del diseño original” (Ver Ilustración 4)
- Plano “Vista lateral del ensamble del diseño original” (Ver Ilustración 5)
- Plano “Isométrico del ensamble del diseño original”(Ver Ilustración 6)
- Plano “Ensamble original en 3D” (Ver Ilustración 7)

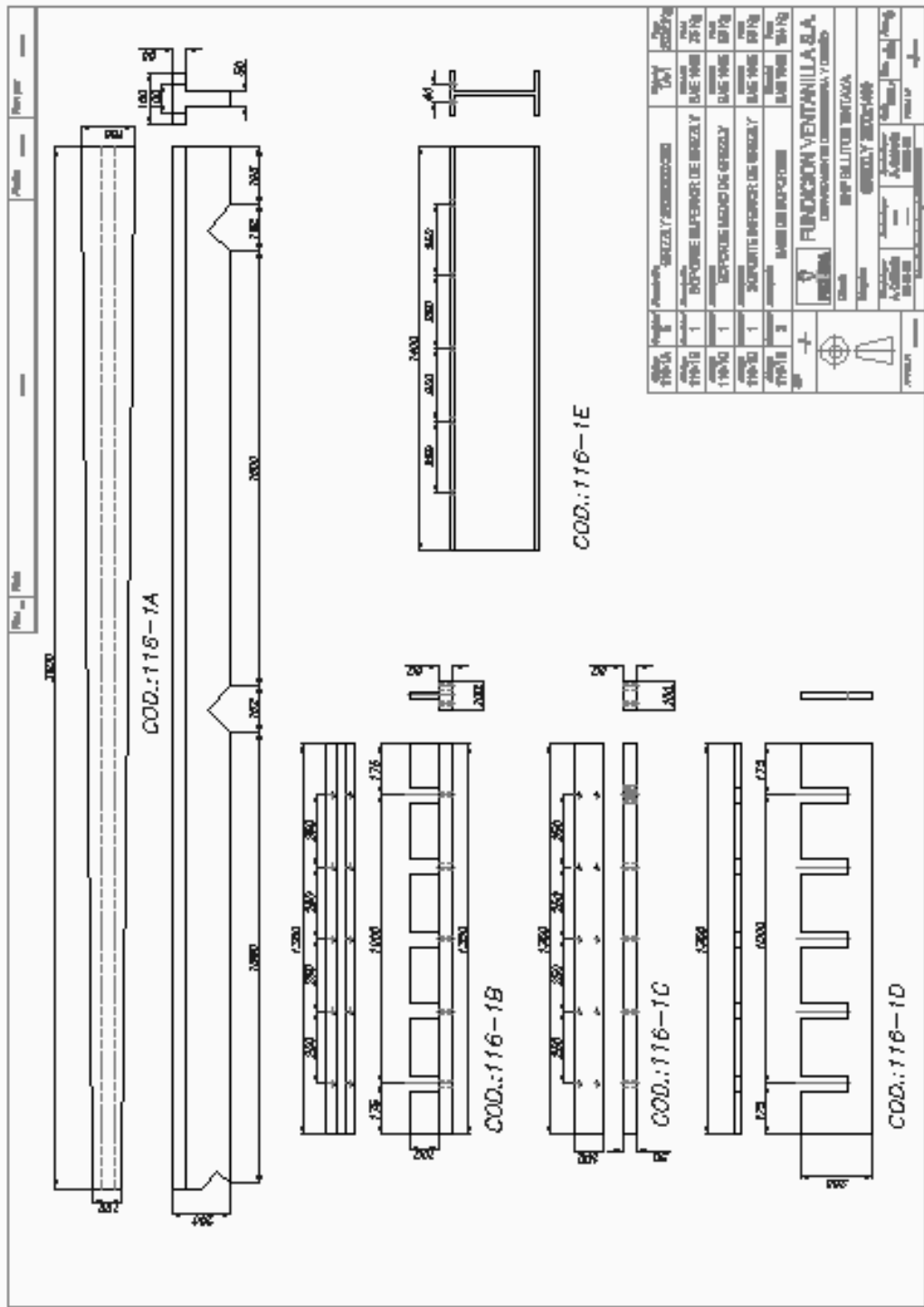


Ilustración 3. Partes del diseño original

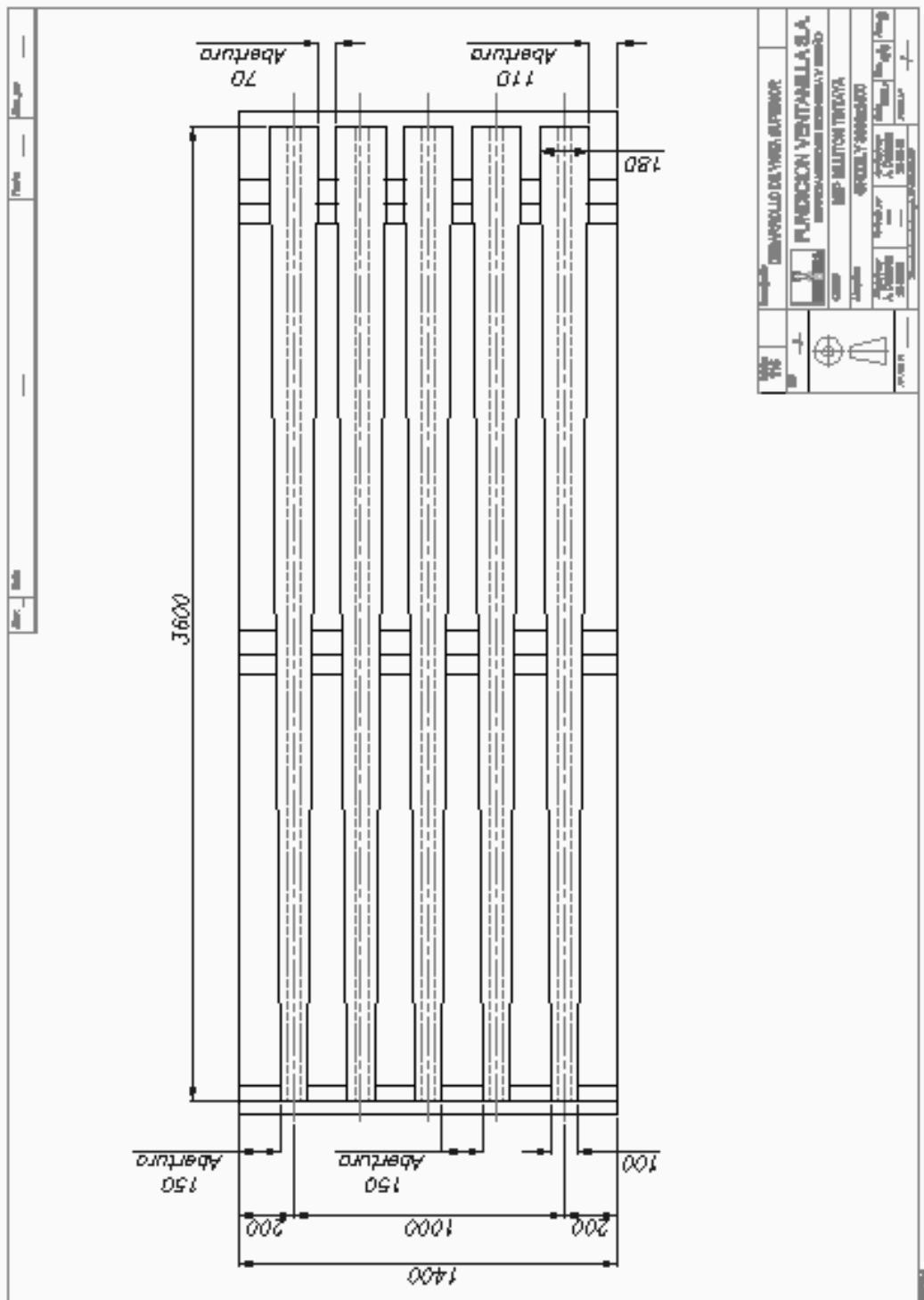


Ilustración 4. Desarrollo de vista superior del diseño original

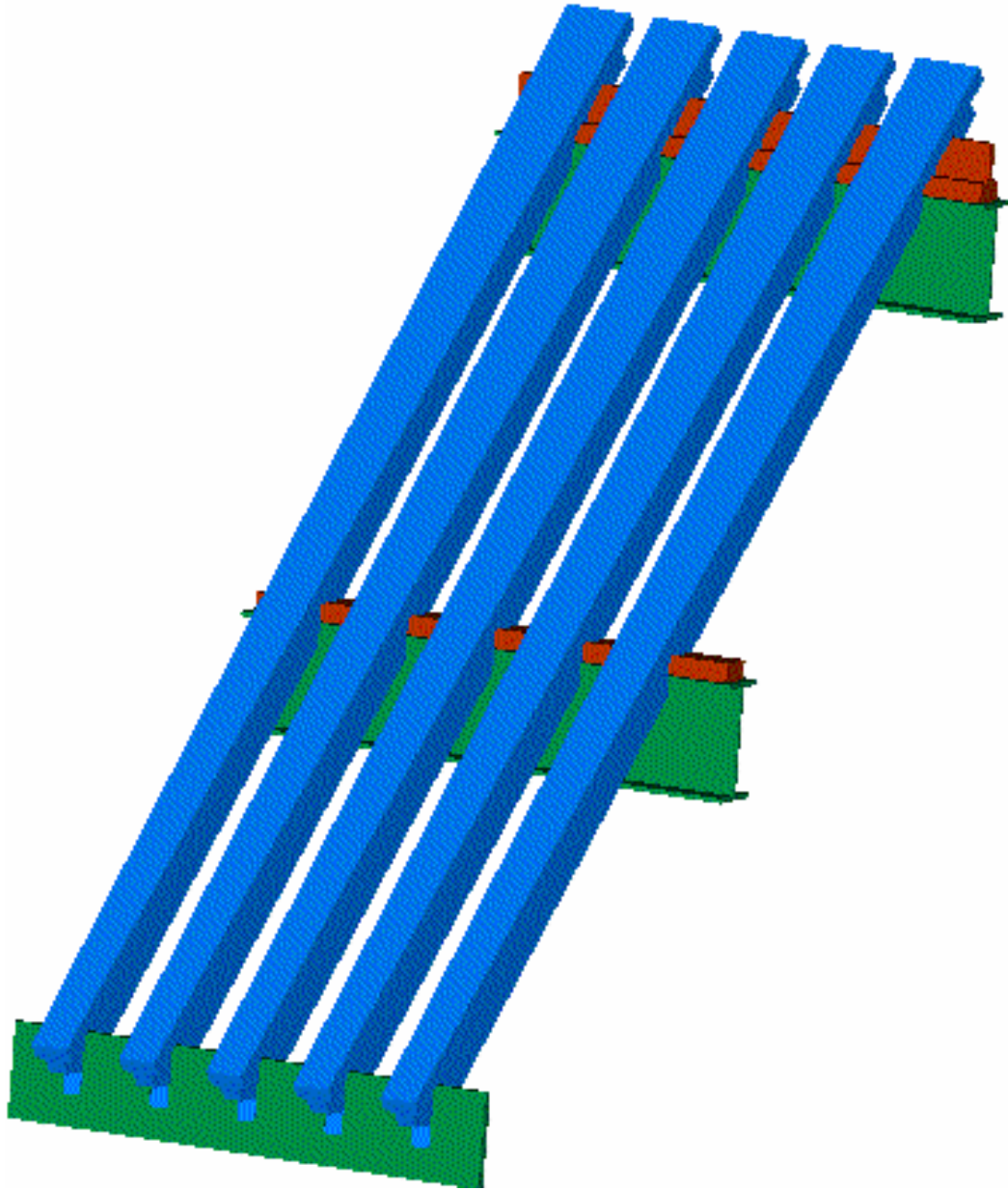


Ilustración 7. Ensamble original en 3D

2.2. Análisis del material enviado al grizzly

Una muestra del material del grizzly fue analizado por Funvesa y se determinaron las siguientes propiedades químicas y mecánicas.

2.2.1. Análisis químico

Muestra: Grizzly de Tintaya

Aleación: LAS

Fecha: 23-Mayo-2003

C 0.20%	Si 0.32%	Mn 1.22	P 0.34%	S 0.28%	Cu 0.04%
Ni 0.06%	Cr 0.38%	Mo 0.012%	Ti 0.02%	Sn 0.047%	V 0.01%
Nb 0.022%	Al 0.04%				

2.2.2. Propiedades mecánicas

Resistencia a la Tracción: 180.000 psi

Límite de Fluencia: 145.000 psi

Elongación 12 %

Dureza 384 BHN

III

EVALUACIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas que tenía BHP Billiton Tintaya con el grizzly eran:

- Elevado número de horas-hombre en el cambio de grizzlys.
- Elevado número de horas por paradas de planta.
- Formación de fisuras cercanas a los soportes.
- Obstrucción de aberturas laterales.
- Elevados costos de los repuestos.

3.1. Elevado número de horas-hombre en el cambio de grizzlys

El cambio de grizzly consistía en las siguientes operaciones:

- Acondicionamiento de la parte inferior del grizzly colocando una estructura que permita una operación segura al personal de mantenimiento.
- Acondicionamiento de los soportes del arnés de seguridad.
- Corte, con equipo oxi-acetilénico, de la soldadura entre el grizzly y sus soportes.
- Remoción de los grizzlys gastados.

- Corte, con equipo oxi-acetileno, de la soldadura entre los soportes superiores y medios del grizzly de su base de soporte.
- Remoción de los soportes superiores y medios de grizzlys gastados.
- Presentación de los grizzlys nuevos.
- Apuntalamiento y soldadura.

En las operaciones participaban a tiempo completo tres personas de mantenimiento y un supervisor y demoraban aproximadamente 40 horas de parada de equipo para poner operativo el circuito de chancado y 160 horas-hombre.

3.2. Formación de fisuras cercanas a los soportes

Se formaban fisuras en la zona inferior del grizzly en la zona cercana a su apoyo sobre el soporte de grizzly, por lo que semanalmente se hacía una inspección visual de la parte inferior del grizzly y se procedía a realizar las reparaciones necesarias.

3.3. Obstrucción de aberturas laterales

Las aberturas laterales de los grizzlys en la parte superior se iniciaban en 110 mm (4 3/8”) y se obstruían fácilmente, especialmente en épocas de lluvias lo que originaba paradas para limpieza. (Ver Ilustración 4).

3.4. Elevados costos de los repuestos

Un valor aproximado de \$ 52.500 por año en repuestos del grizzly, que junto con los costos de mano de obra y parada de planta llegaba a los \$ 482.000 por año.

IV

PROYECTO DE MODIFICACIÓN

4.1. Consideraciones generales para el rediseño del grizzly

Se determino lo siguiente:

- Diseñar protectores que se ensamblen fácilmente sobre un grizzly que sólo haría un trabajo estructural (que no se gastaría), para lo cual los protectores deberían ser fácilmente intercambiables para disminuir el número de horas-hombre en el cambio.

(Ver Ilustración 8).

- Rediseñar el grizzly para colocarle anclajes que soporten los protectores.

- Rediseñar los soportes superiores y medios con sus respectivos protectores.

- Disminuir el tiempo del proceso o de cambio de repuestos; se cambiaran sólo los protectores gastados.

- Fabricar los protectores de una aleación resistente al impacto y la abrasión.

- Mejorar la resistencia a la deformación para evitar fisuras, utilizando una aleación con mayor índice de elongación.

4.2. Modificaciones en el diseño del grizzly

- a. Se incrementaron las medidas de la sección del grizzly en un 22% (Ver Ilustración 9) debido a que se fabricó, el grizzly, con una aleación AISI 4140 con tratamiento térmico de normalizado y revenido para alcanzar resistencias a la tracción de 115.000 psi y mejorar así el índice de elongación para evitar las fisuras en el apoyo. Además se colocaron refuerzos, sobre todo, en los protectores medios que son los que reciben el mayor impacto.
- b. Se definieron cuatro zonas a lo largo del grizzly, cada una de 900 mm, debido a que el mineral caía por debajo de los primeros 850 mm, por lo que el protector de grizzly superior sería el que soporte el mínimo desgaste por no estar sometido a impacto directo y sí a muy pequeña abrasión. Los protectores del grizzly medio recibirían el mayor impacto y abrasión. Los protectores de grizzlys inferiores recibirían sólo abrasión. (Ver Ilustración 8).
- c. Para diseñar el anclaje en el grizzly que debía soportar el protector de grizzly se tuvo que considerar una inclinación del anclaje ligeramente superior a la vertical en el ensamble de tal manera que cualquier protector pueda ser fácilmente cambiable. (Ver Ilustración 8).
- d. Los nuevos protectores disminuían drásticamente la abertura entre grizzlys, por lo tanto se cambió el uso original de cinco grizzlys por cuatro, con una abertura en el centro de 126 mm (5") y de 151 mm (6") en los lados. Se consideró una mayor abertura lateral para evitar la obstrucción con mineral (Ver Ilustración 9).

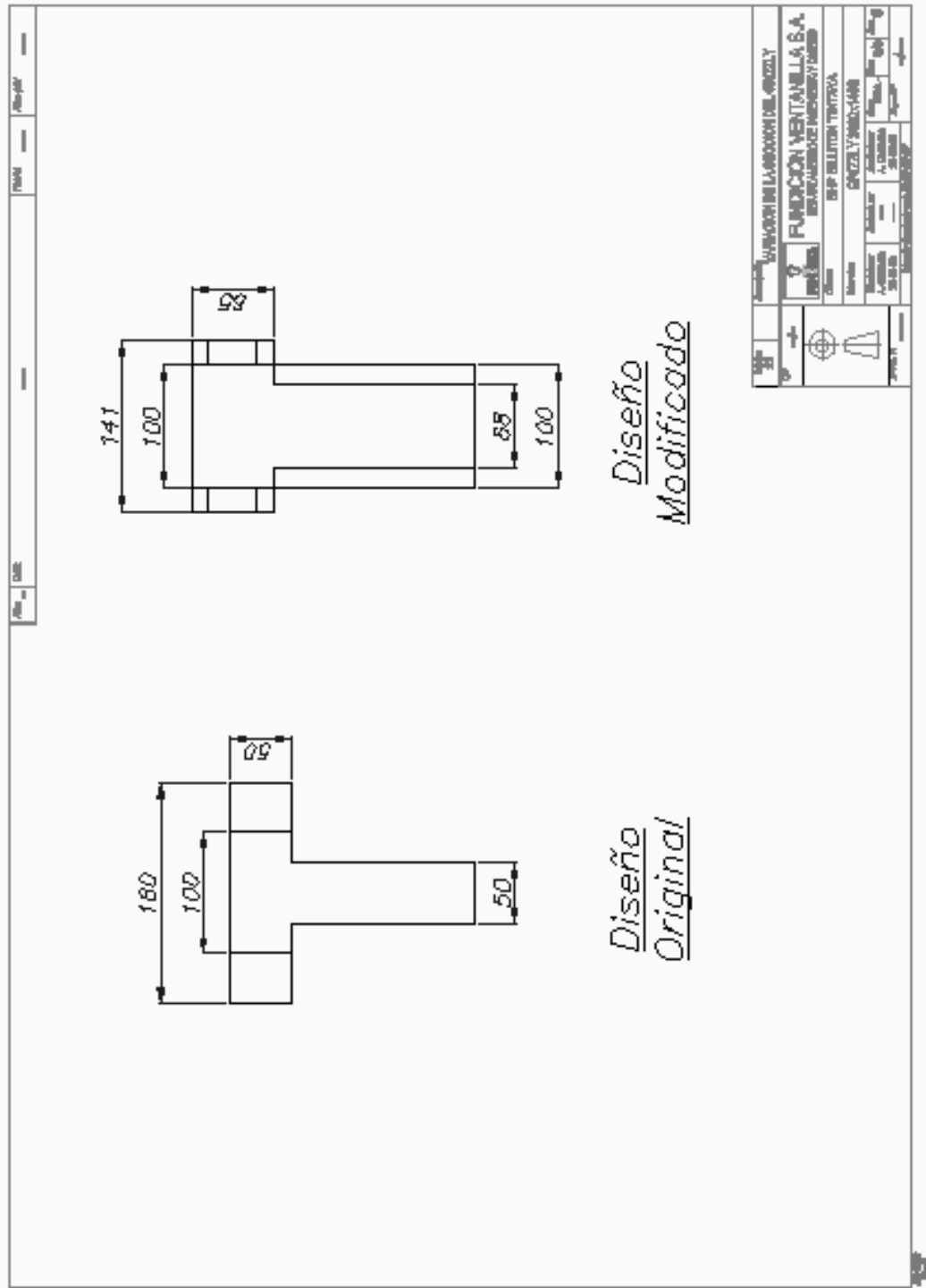


Ilustración 9. Modificación de sección del grizzly

- e. Se consideró que el acero al manganeso era la mejor aleación para los protectores. (Ver Capítulo V).

4.3. Diseño modificado

Con las modificaciones del acápite 4.2. se elaboraron los planos modificados que se muestran en las siguientes páginas:

- Plano “Partes del diseño modificado” (Ver Ilustración 10)
- Plano “Desarrollo de vista superior diseño modificado” (Ver Ilustración 11)
- Plano “Vista lateral del ensamble diseño modificado” (Ver Ilustración 12)
- Plano “Isométrico del ensamble del diseño modificado” (Ver Ilustración 13)
- Plano “Ensamble modificado en 3D” (Ver Ilustración 14).

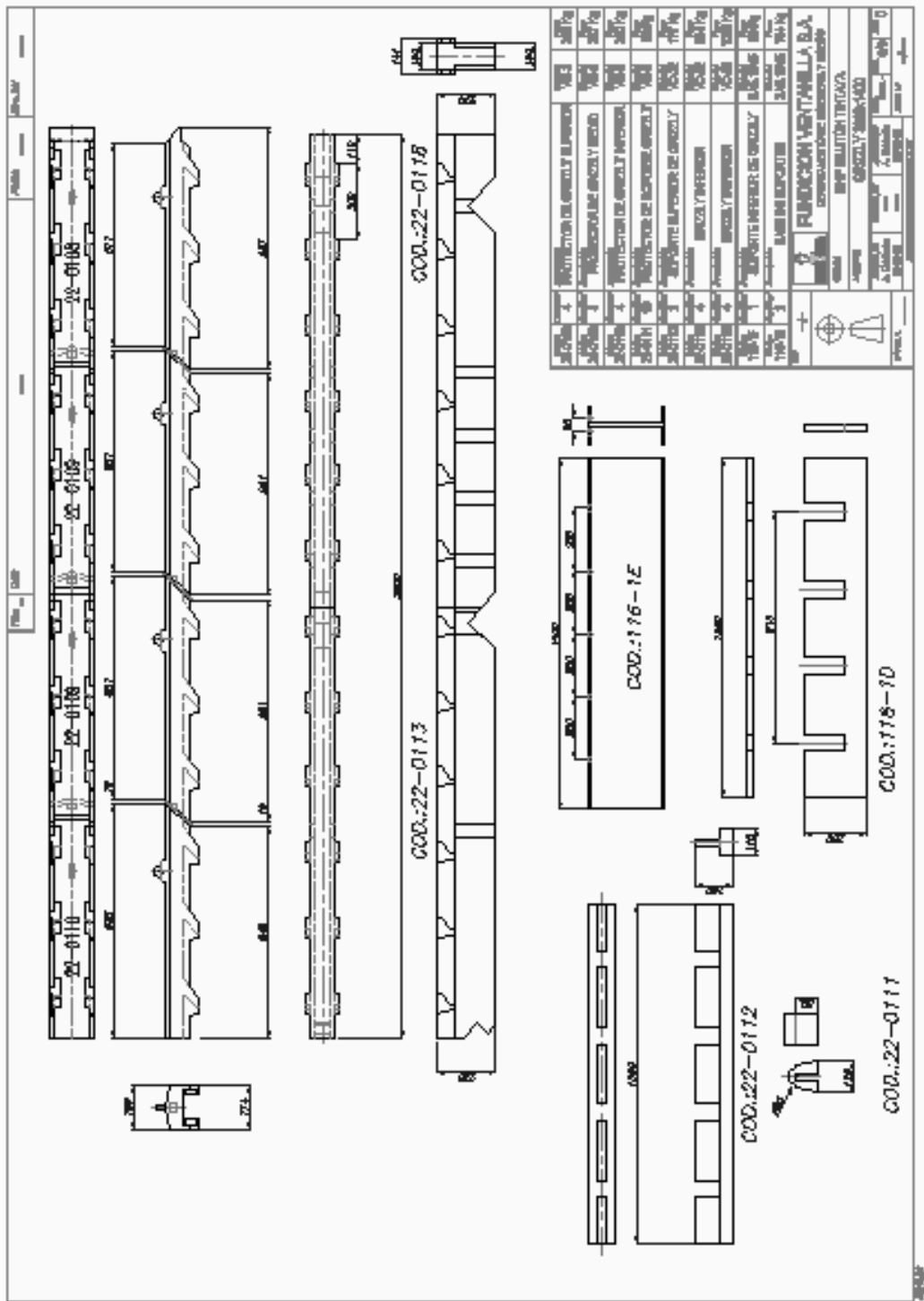


Ilustración 10. Partes del diseño modificado

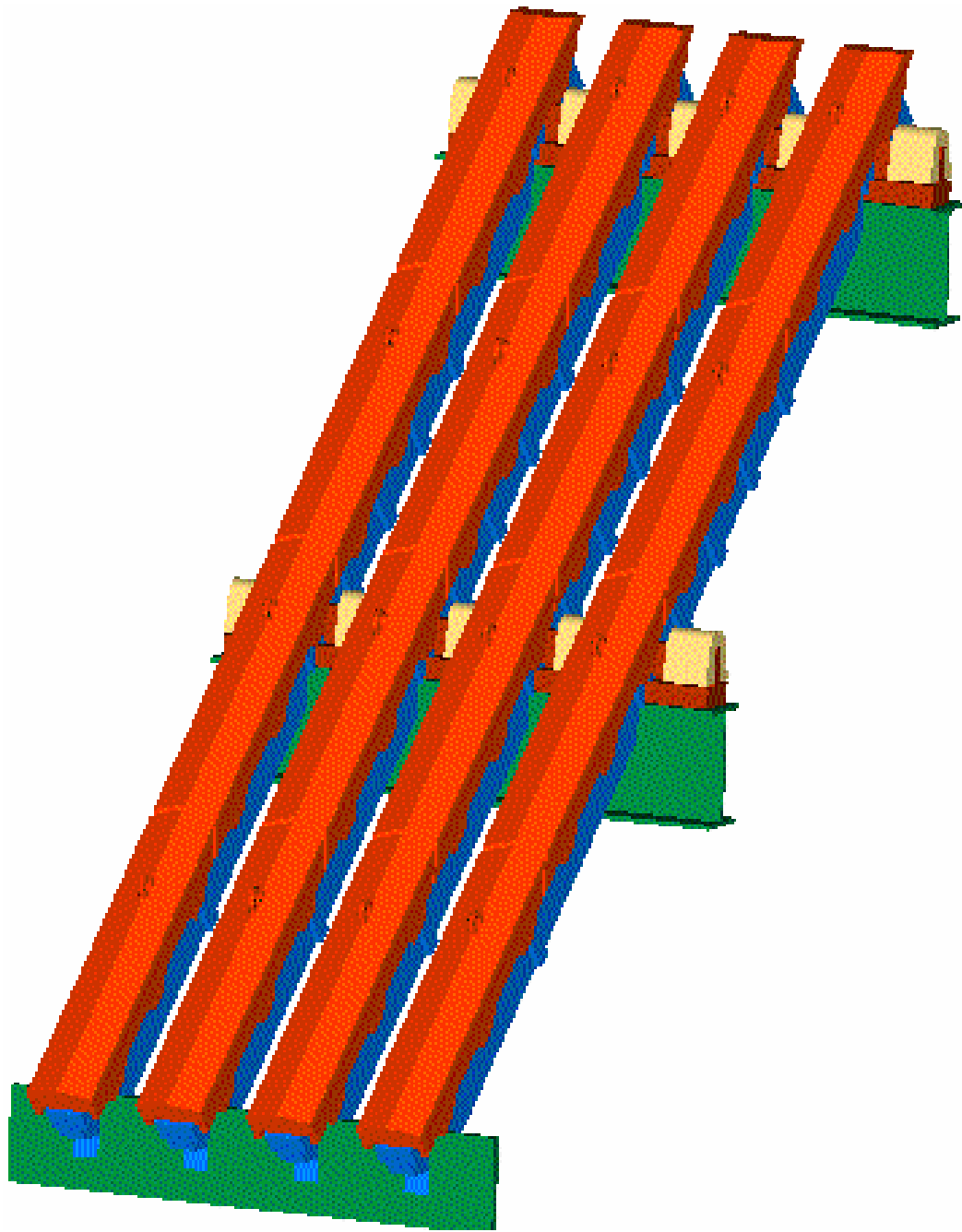


Ilustración 14. Ensamble modificado en 3D

V

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTECTORES

El protector de grizzly es una aleación de Acero al Manganeso Haldfield ASTM A128A debido a sus buenas propiedades de resistencia al impacto y mediana abrasión.

5.1. Aceros al manganeso

Los aceros al manganeso con 13% Mn son universalmente aplicables a condiciones donde ocurre abrasión por escopleo y molienda. Estos aceros tienen alta resistencia y alta tenacidad. Su característica principal es el endurecimiento de su superficie debido a su trabajo por escopleo (“gouging”), golpe o impacto. Este es esencialmente no-magnético.⁽²⁾

5.1.1. Norma ASTM A 128

La Norma ASTM A 128 corresponde al “Standard Specification for Steel Casting, Austenitic Manganese” el cual se adjunta en el Anexo C, en la que se detallan los requerimientos de análisis químico del material.

5.1.2. Propiedades mecánicas de los aceros al manganeso

Resistencia a la Tracción:	120.000 psi
Límite de Fluencia:	55.000 psi
Elongación:	35 %
Impacto:	100 J (20 °C)
	60 J (-70 °C)
Dureza:	230 BHN

5.1.3. Tratamiento térmico y microestructura ⁽²⁾

La estructura de fundición del acero al manganeso con 13% Mn contiene carburos y otros productos de transformación en el borde de grano y dentro del grano austenítico, los cuales son extremadamente fragilizantes (Ilustración 15).

Debido a su baja conductividad térmica y su alto coeficiente de expansión térmico, se deben tener precauciones para evitar el choque térmico durante el calentamiento por la formación de fisuras.

El tratamiento térmico para mejorar la tenacidad de los aceros al manganeso consiste en calentar a una temperatura en la cual la austenita llega a ser estable y los carburos y otras fases son llevadas a su disolución en la austenita (Ilustración 16). Con un rápido enfriamiento se produce una estructura totalmente austenítica que es completamente tenaz.

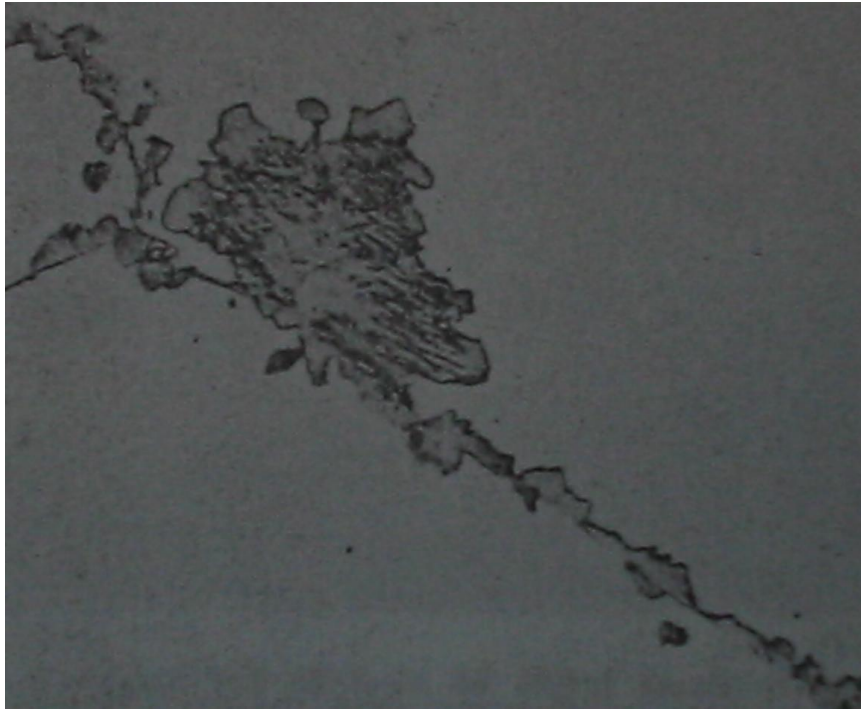


Ilustración 15. Microestructura de fundición del acero al manganeso (13%). 500X.



Ilustración 16. Microestructura del acero al manganeso (13%) con TT. 500X.

5.1.3.1. Calentamiento ⁽²⁾

Las piezas fundidas deben ser colocadas en un horno frío (temperaturas menores a 250° C). Su calentamiento no debe exceder los 100 °C/hora (70 °C/hora para aceros al manganeso aleados), especialmente en el rango de 200°-500°C. Mantener a una temperatura de 1050°C por 1 hora / pulgada de espesor.

5.1.3.2. Enfriamiento ⁽²⁾

En el enfriamiento las piezas deben ser transferidas muy rápidamente a un tanque con agua, cualquier demora en la inmersión (especialmente entre 800°-850°C) puede conducir a su fragilidad por precipitación íntergranular. Un apropiado sistema de agitación y circulación de agua debe ser aplicado al tanque con el fin de mantener la temperatura del agua por debajo de los 30°-40°C.

5.1.4. Efecto del tamaño de grano ⁽²⁾

Un tamaño de grano fino es asociado con:

- a. Óptima ductilidad y resistencia.
- b. Gran capacidad para endurecimiento en el trabajo.
- c. Minimiza las tendencias al fisuramiento en todo el proceso productivo.
- d. Minimiza la precipitación de carburos por unidad de área en el borde de grano desde el tratamiento térmico.
- e. Mayor uniformidad de propiedades a través de una sección de pieza.

El grano fino favorece la ductilidad y resistencia, mientras que un grano grueso es asociado a reducir valores de resistencia al impacto y aumentar el nivel de micro segregación.

5.1.5. Efecto de los elementos aleantes ⁽²⁾

5.1.5.1. Carbón

Es usado entre 0.60% y 1.60%. Con el contenido de carbono mejora la resistencia a la fluencia y a la abrasión, sin embargo, disminuye la elongación, tenacidad, resistencia al escopleo y al impacto.

5.1.5.2. Silicio

Es usado hasta en un 2%. Con el contenido de silicio mejora levemente la resistencia a la fluencia sin afectar significativamente la tenacidad. Con más de 2.2% de silicio puede tener un efecto desastroso en la tenacidad. A 0.9% de silicio se obtienen las mejores ductilidades.

5.1.5.3. Manganeso

Es usado entre 6% y 24%. Altos contenidos de manganeso elevan ligeramente la solubilidad del carbón en la austenita. Con mayores contenidos de manganeso y manteniendo un 1.2% de carbono es posible aumentar la elongación hasta mas de 60 %.

5.1.5.4. Cromo

Es usado hasta en un 3%. Tiene un efecto similar al carbón, lo que eleva la dureza del acero, aumentando su resistencia a la fluencia a cambio de una disminución de su resistencia a la tracción y elongación. La combinación entre cromo y carbono tienden a formar carburos en el borde de grano, los cuales tienen un serio efecto en la fragilidad.

5.1.5.5. Níquel

Es usado hasta en un 4%. La adición de níquel disminuye ligeramente la resistencia a la tracción y mejora ligeramente la elongación. Este es un estabilizador de la austenita y tiende a inhibir la precipitación de carburos en el borde de grano durante el enfriamiento.

5.1.5.6. Molibdeno

Es usado hasta en un 2%. Incrementa la resistencia a la abrasión y la resistencia a la fluencia, sin disminuir la resistencia a la tracción y ductilidad. El molibdeno incrementa la estabilidad de la austenita y modifica la morfología de los carburos, disminuyendo los carburos en el borde de grano. La habilidad del molibdeno de incrementar la resistencia a la fluencia sin disminuir su tenacidad es su principal ventaja sobre el cromo y vanadio. Este es muy útil en grandes secciones de piezas donde la resistencia a la fluencia y tenacidad pueden ser mantenidas con bajo contenido de carbono y por lo tanto baja fragilidad.

5.1.5.7. Vanadio

Es usado hasta en un 1%. Incrementa la resistencia a la fluencia y dureza. Es usado para incrementar la dureza inicial con una mejora en la resistencia a la abrasión y una ligera pérdida de tenacidad. Un 1% de vanadio incrementa la velocidad de endurecimiento en el trabajo y disminuye el desgaste por abrasión. Los carburos de vanadio no son disueltos por el usual tratamiento a 1100°C.

5.1.5.8. Aluminio

El efecto de la adición de aluminio es modificar la forma y distribución de fosfuros. En un acero conteniendo 0.08% de fósforo y 0.02% de aluminio; los fosfuros ocurren como grandes partículas sobre el borde de grano; cuando el contenido de aluminio se incrementa a 0.08 – 0.15% disminuye grandemente la cantidad de precipitados de fosfuros en el borde de grano y las propiedades de impacto mejoran levemente. El aluminio tiene una gran afinidad por el oxígeno y es comúnmente usado como desoxidante, sin embargo puede disminuir la ductilidad del acero por la formación de nitruros de aluminio, por lo tanto este debería ser usado con precaución.

5.2. Fabricación del protector de grizzly

5.2.1. Diseño de colada

Peso Pieza = 90 kg

Peso Vaciado = 125 kg

Eficiencia = 72 %

Alimentador = Manguito 140

Diámetro Bebedero = 1 $\frac{3}{4}$ "

Canal Distribuidor = 1 $\frac{1}{2}$ " x 1 $\frac{1}{2}$ "

Canal de Ataque = 2 $\frac{1}{2}$ " x $\frac{3}{4}$ "

Caja = 49" x 24" x 10"/15"

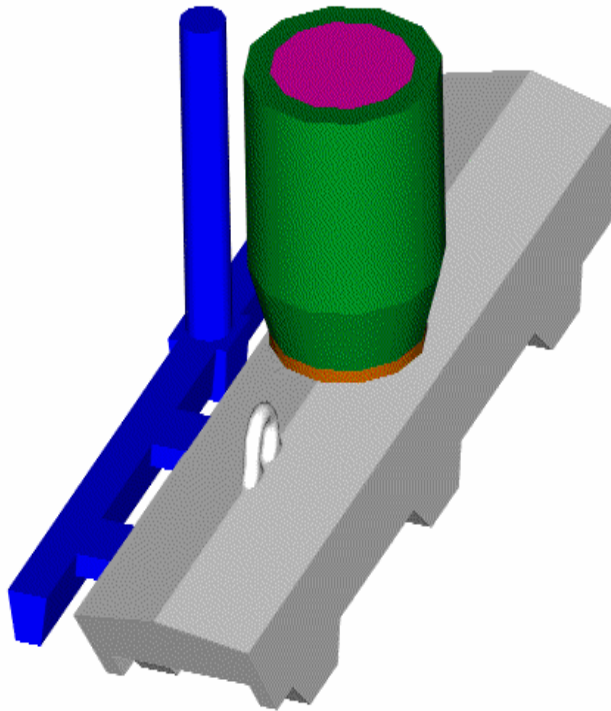


Ilustración 17. Diseño de colada de protector de grizzly inferior

5.2.2. Evaluación del diseño de colada por elementos finitos

El uso de elementos finitos para simular el enfriamiento de la pieza nos da como resultado la completa solidez de la pieza como se aprecia en la Ilustración 18, en donde la parte completamente amarilla del alimentador y del sistema de alimentación nos dan información de la posición de los rechupes. También la direccionalidad del enfriamiento visto en la Ilustración 19 nos da a conocer las zonas que enfriaran primero (azules) y las que enfriaran último (amarillas).

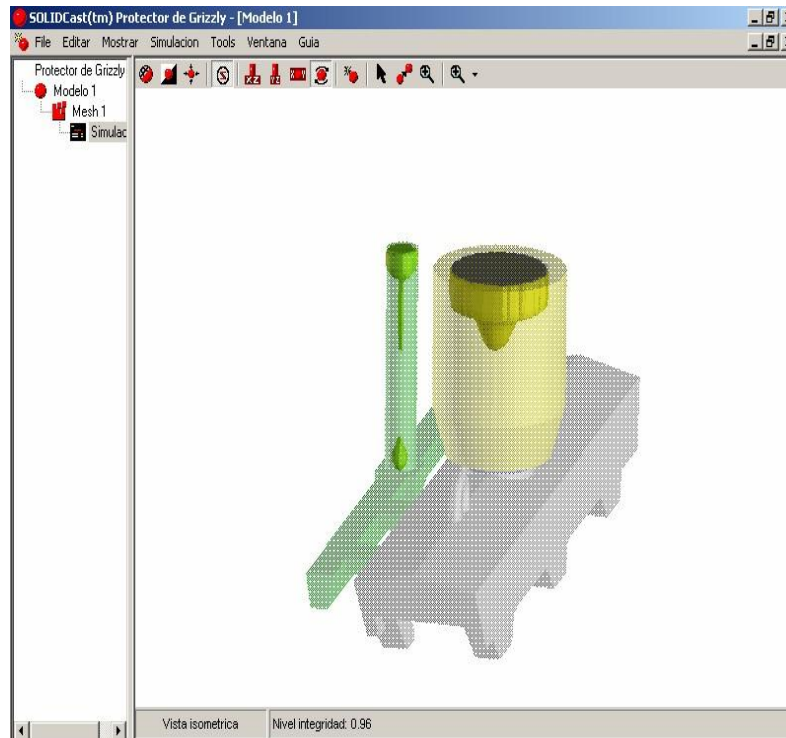


Ilustración 18. Determinación de rechupes

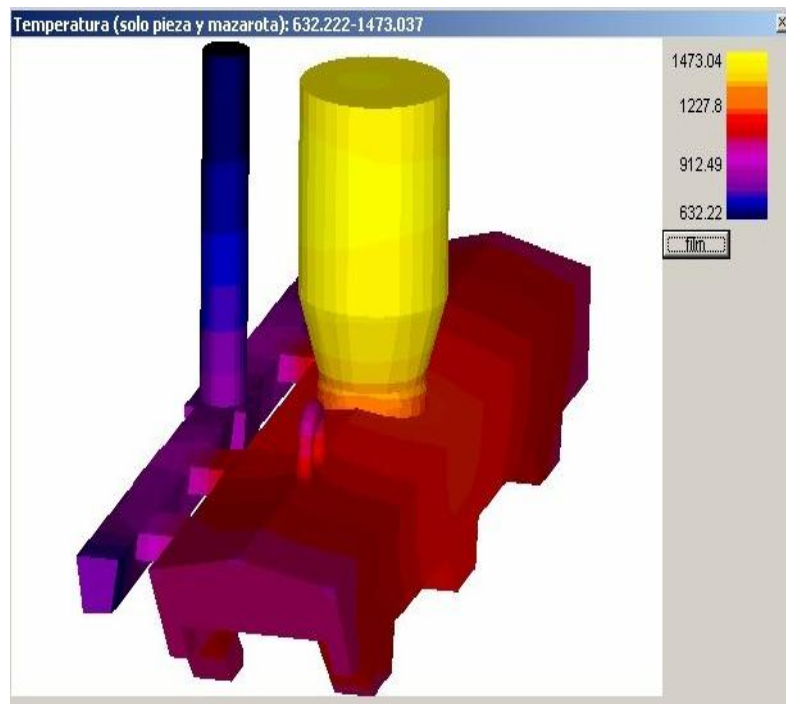


Ilustración 19. Direccionalidad del enfriamiento

5.2.3. Datos técnicos del moldeo y vaciado

Arena de Contacto: Resina y cromita en zonas calientes

Temperatura de vaciado: 1440°C

Tiempo de Enfriamiento: 8 horas.

5.2.4. Tratamiento térmico

Calentamiento: 100°C/hr

T° Mantenimiento: 1050°C por 3 hr

Medio de Enfriamiento: Agua.

5.2.5. Control de calidad del protector

Los controles de calidad realizados a los protectores son:

- Control Dimensional
- Control del anclaje de protector con patrón
- Control de Dureza
- Control de Solidez por ultrasonido.

VI

INSTALACIÓN DEL EQUIPO

La instalación del grizzly con su respectivo protector se realizó el 1º y 2º de Noviembre del 2003. Con el tiempo se concluyó que los resultados sobrepasaron lo esperado por BHP Billiton Tintaya y a la fecha (después de 2 años), continúan trabajando las bases fabricadas por Funvesa, además se logro que Funvesa sea el fabricante exclusivo de los repuestos de protectores.

En la página siguiente presento la Ilustración 20 en donde se aprecia todo el proyecto después de 2 meses de su ejecución.



Ilustración 20. Grizzlys modificados después de 2 meses de la ejecución del proyecto

VII

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

7.1. Impacto Técnico de la mejora

- a. El total de horas-hombre que dura el cambio de protector es de aproximadamente 20 minutos.
- b. No hay que esperar llenar tolvas de chancado o programar una parada de planta para efectuar el cambio de grizzlys, puesto que el tiempo en cambiar un protector es de 20 minutos, para lo que se realizan las siguientes operaciones:
 - soldar un anillo al grizzly gastado;
 - levantarlo y sacarlo con un teclé; y
 - colocar un grizzly nuevo (que tiene de fundición la oreja de izaje).

Estas operaciones las realizan dos trabajadores con un supervisor.

- c. Los protectores de grizzly superiores duran aproximadamente ocho meses cada uno, los protectores de grizzly medios centrales tres meses y los protectores de grizzly medios laterales cuatro meses. Los protectores

inferiores tienen una duración entre cinco y seis meses. En el año se cambian aproximadamente cuarenta y tres protectores de grizzlys.

- d. A la fecha continúan en operación los mismos grizzlys que Fundación Ventanilla instaló hace más de dos años sin haberse detectado fisuras.
- e. Se eliminaron las obstrucciones entre los grizzlys y las paredes laterales con la modificación de la abertura a 6" y con la ayuda del agua a presión.

7.2. Impacto Económico de la mejora

Con esta modificación BHP Billiton Tintaya logro una reducción drástica en sus costos anuales en alrededor de \$470.000 según el siguiente análisis:

Descripción	Diseño Original	Diseño Modificado
Costo de Grizzly (y protectores)	\$ 52.500	\$ 12.500
Costo por parada de planta	\$ 400.000	-----
Costo de Mano de Obra, soldadura, etc	\$ 30.000	-----
TOTAL	\$ 482.500	\$ 12.500

En ese sentido el proyecto es un éxito.

VIII

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

- a. Como ingenieros debemos siempre estar a la búsqueda de mejorar procesos.
- b. Si bien la venta de los repuestos del grizzly no genera una facturación importante, este proyecto mejoró aún más la imagen ganada en los últimos años en el sector minero, así como abrió las puertas para vender productos de mayor facturación como muelas, conos y placas en BHP Billiton Tintaya.
- c. El ahorro por parada de planta, mano de obra y compra de repuestos llegan a producir un ahorro anual de cerca de \$ 470.000 por año.
- d. Funvesa consolida su imagen en el sector minero como una fundición cuyo personal del Departamento de Ingeniería está capacitado para resolver problemas industriales, tal como lo hizo con los molinos de S.P.C.C., los conos de 7' de Cerro Verde, las puntas y adaptadores de Yanacocha, etc.

IX

BIBLIOGRAFÍA

- (1). BHP BILLITON HSEC SUMMARY REPORT 2004. Agosto 2005.
- (2). THE CASTINGS DEVELOPMENT CENTRE. – “Materials Fact Sheets” –
“Section K – 13% Mn Steel” – First Published : December 1993.

X

ANEXOS

- Anexo A: FUNDICION VENTANILLA S.A. (FUNVESA)
- Anexo B: EMPRESAS PRODUCTORAS DE COBRE DE BHP BILLITON
- Anexo C: NORMA ASTM A 128 – STANDARD SPECIFICATION FOR
STEEL CASTINGS, AUSTENITIC MANGANESE.

Anexo A: FUNDICION VENTANILLA S.A. (FUNVESA)

Es una empresa dedicada a la fabricación de equipos y fundición de piezas de fierro y acero que se encuentra ubicada en Calle Nueve N° 222, Urb. Ind. Oquendo, Callao.

La planta de Funvesa cuenta las etapas de: modelaría, moldeo, fusión, acabado, tratamientos térmicos, maestranza y ensamblaje de equipos en un área de 17.000m².

Actualmente produce 200 tn/mes de las cuales el 35% de la producción se exporta a Norteamérica, Centroamérica y Sudamérica. La producción para el mercado nacional la podemos dividir de la siguiente manera:

- Sector Minero y Agregados : 87 %
- Sector Fundición y Refinerías: 3 %
- Sector Cementero: 3 %
- Sector Servicios Públicos 2 %
- Sector Pesquero 2 %
- Sector Centrales Hidroeléctricas 2 %
- Otros Sectores 1 %

Contamos con dos Hornos de Inducción, uno con dos crisoles de 2 tn cada uno y el otro con dos crisoles de 0.7 tn cada uno, con los cuales podemos fundir piezas hasta de 5 tn.

Tenemos cinco hornos para realizar tratamientos térmicos, dos hornos a petróleo, dos hornos eléctricos y un horno a gas. Contamos con una poza para enfriamiento en agua, otra para enfriamiento en aceite y un sistema de enfriamiento al aire soplado con ventiladores.

Nuestra maestranza cuenta con un torno al aire con volteo hasta de 5 m, un torno paralelo con volteo hasta 2 m y diversos tornos verticales, mandriladoras, taladros, fresadoras, soldadura MIG, etc.

Trabajamos con el sistema de gestión ISO 9001, realizando la trazabilidad del 100 % de nuestros productos. Para certificar nuestra gestión de calidad contamos en nuestro laboratorio químico con un espectrómetro “SPECTRO” ensamblado en el 2006, así también contamos con un laboratorio de arenas y un laboratorio físico en donde hacemos ensayos de metalografía con un microscopio “OLYMPUS”, ensayos de tintes penetrantes, inspección dimensional, ensayo de dureza con durómetros “BRINELL”, “WILSON” Y “TELEBRINELL”. Además contamos con un equipo de ultrasonido EPOCH 4 de PANAMETRIC desde el 2004.

Nuestro personal es capacitado permanentemente a nivel nacional e internacional en diversas materias según su especialidad.

Anexo B: EMPRESAS PRODUCTORAS DE COBRE DE BHP BILLITON

BHP Billiton

Base Metals

BHP Billiton is one of the world's top producers of copper, silver, lead and uranium, and a leading producer of zinc. We provide base metal concentrates to custom smelters and copper cathodes to rod and brass mills and casting plants and uranium oxide to power utilities. We aim to become the pre-eminent supplier in base metals through capacity expansions, reliable supply and innovative solutions.

We have an excellent portfolio of large, low-cost mining operations with substantial growth opportunities. The [Escondida](#) mine in Chile is the world's largest source of copper. We have a number of expansion opportunities — both greenfield (new sites) and brownfield (developments on existing sites) — which are sufficient to allow us to expand copper production significantly through various projects.

Beyond conventional mine development, we are also rigorously pursuing advanced bioleaching technology, which has the potential to achieve significant reductions in the cost of producing base metals.

Products

We have five primary products:

- Copper concentrates
- Copper cathodes
- Lead concentrates
- Zinc concentrates
- Uranium oxide

We also produce major quantities of silver and significant amounts of gold within the base metals concentrates as well as gold and silver bullion at our Olympic Dam operation. Our Cannington mine in Australia is one of the largest and lowest cost producers of silver in the world.

Operations

We currently have six primary operations (brackets indicate percentage of ownership):

- [Antamina](#), Peru (33.75%) — copper and zinc concentrates
- [Cannington](#), Australia (100%) — lead and zinc concentrates with high silver content
- Cerro Colorado, Chile (100%) — copper cathodes
- [Escondida](#), Chile (57.5%) — copper concentrates and cathodes
- [Olympic Dam](#), Australia (100%) — copper cathodes, uranium oxide, gold and silver bullion
- Tintaya, Peru (99.9%) — copper concentrates and cathodes

Anexo C: NORMA ASTM A 128 – Pág. 1



Designation: A 128/A 128M – 93 (Reapproved 1998)

An American National Standard

Standard Specification for Steel Castings, Austenitic Manganese¹

This standard is issued under the fixed designation A 128/A 128M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This specification covers Hadfield austenitic manganese steel castings and alloy modifications.

1.2 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards:*
A 781/A781M Specification for Castings, Steel and Alloy, Common Requirements for General Industrial Use²

3. General Conditions for Delivery

3.1 Material furnished to this specification shall conform to the requirements of Specification A 781/A 781M, including any supplementary requirements that are indicated in the purchase order. Failure to comply with the general requirements of Specification A 781/A 781M constitutes nonconformance with this specification. In case of conflict between the requirements of this specification and Specification A 781/A 781M, this specification shall prevail.

4. Ordering Information

4.1 Orders for material under this specification should include the following information in proper sequence.

- 4.1.1 Quantity,
4.1.2 Specification, grade,

4.1.3 Whether any portion of the casting is to be chilled, and whether this is to be spot or full-face chilling,

4.1.4 Special heat-treatment requirements, and

4.1.5 Supplementary requirements.

5. Heat Treatment

5.1 The castings shall be suitably heat treated to achieve toughness and ductility. This heat treatment shall consist of uniformly heating the castings to a temperature applicable for grade of steel produced, at least 1800°F [1000°C], and holding until the temperature is uniform throughout and quenching in an applicable medium, normally water.

5.2 By agreement between the purchaser and the manufacturer, castings may be furnished in a condition other than described in 5.1.

6. Chemical Composition

6.1 The steel shall conform to the requirements as to chemical composition prescribed in Table 1.

6.2 Contamination of the drillings by drill chips must be avoided. Flat drills of the best highspeed steels, or drills of some of the newer tool materials, will generally be satisfactory for drilling manganese steel. Manganese steel may be drilled best after it has been annealed for several hours at from 900 to 1100°F [500 to 600°C].

7. Repair by Welding

7.1 Defects shall be welded using a procedure and welders capable of producing sound welds. The weld deposit shall be austenitic steel in general, but welds on wearing surfaces shall consist of austenitic-manganese steel.

7.2 Weld repairs shall be inspected to the same quality standards as are used to inspect the castings.

8. Keywords

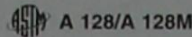
8.1 austenitic manganese steel; manganese steel; steel castings

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A-1 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys, and is the direct responsibility of Subcommittee A01.18 on Castings.

Current edition approved Dec. 15, 1993. Published April 1994. Originally published as A 128 – 90 T. Last previous edition A 128/A 128M – 90.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

Anexo C: NORMA ASTM A 128 – Pág. 2



A 128/A 128M

TABLE 1 Chemical Requirements

Grade ^A	Composition, %						
	Carbon	Manganese	Chromium	Molybdenum	Nickel	Silicon	Phosphorus
A ^B	1.05–1.35	11.0 min	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-1	0.9–1.05	11.5–14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-2	1.05–1.2	11.5–14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-3	1.12–1.28	11.5–14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-4	1.2–1.35	11.5–14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
C	1.05–1.35	11.5–14.0	1.5–2.5	...	...	1.00 max	0.07 max
D	0.7–1.3	11.5–14.0	...	...	3.0–4.0	1.00 max	0.07 max
E-1	0.7–1.3	11.5–14.0	...	0.9–1.2	...	1.00 max	0.07 max
E-2	1.05–1.45	11.5–14.0	...	1.8–2.1	...	1.00 max	0.07 max
F (J01340)	1.05–1.35	6.0–8.0	...	0.9–1.2	...	1.00 max	0.07 max

^ASection size precludes the use of all grades and the producer should be consulted as to grades practically obtainable for a particular design required. Final selection shall be by mutual agreement between manufacturer and purchaser.

^BUnless otherwise specified, Grade A will be supplied.

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

A list of standardized supplementary requirements for use at the option of the purchaser is described in Specification A 781/A 781M. Those which are considered suitable for use with this specification are listed below by title only. Additional supplementary requirements suitable for use with this specification at the option of the purchaser are described below. One or more of the supplementary requirements indicated below may be included in the purchaser's order or contract. When so included, a supplementary the same force as if it were in the body of the specification. Supplementary requirements details not fully described shall be agreed upon between the purchaser and the supplier, but shall not negate any of the requirements in the body of the specification.

S6. Certification

S8. Marking

S50. Bend Test

S50.1 The test specimen shall withstand cold bending through 150° around a pin 1 in. [25.4 mm] in diameter without breaking into two pieces. (Surface cracks after bending are not considered as failure if the sample remains in one piece.) The specimen may be bent by any method preferred by the manufacturer. When the bend test is specified, one such test shall be made from each heat of steel.

NOTE —The bend test has become essentially obsolete as a result of improved technology. Furthermore, it is not recommended as a suitable test for the special alloy grades.

S50.2 The bend specimen shall be poured in separate molds from the same heat of steel as the castings. They shall be ½ by

¼ in. [13 by 19 mm] in cross section and 12 in. [300 mm] in length, and shall be heat treated and tested without being machined or ground, except when necessary to remove surface irregularities or decarburization.

S50.3 Bend specimens shall be heat treated in the same manner as the castings they represent, with due regard for the metal section. At the discretion of the manufacturer and unless otherwise specified by the purchaser, specimens may be heat treated separately or with the castings they represent.

S50.4 If any specimen fails as the result of flaws, it may be discarded and another specimen tested from the same heat. If the results of the bend tests for any heat do not conform to the requirements specified, the manufacturer may reheat treat and retest additional specimens from the same heat, but not more than twice. In the case of reheat treating and retesting, two bend tests from each heat shall be required.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.