

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE COSTOS DE EQUIPAMIENTO DEL MUELLE
DE CONCENTRADOS DE COBRE DEL PUERTO DE
SALAVERRY**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JUAN JAIME EGÚSQUIZA DE LA CRUZ

Lima- Perú

2011

DEDICATORIA

A mi Madre, por su eterno afán por querer ver realizado a sus hijos, a mi hermano Exequiel por haberme inculcado desde pequeño el gusto por las matemáticas, y a mi hija Lizeth por ser motivo de mis logros.

AGRADECIMIENTO

A Todos los profesores que me impartieron sus experiencias Académicas y Profesionales y a todos aquellos que hicieron posible que concrete este informe.

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| RESUMEN | 2 |
| LISTA DE CUADROS | 3 |
| LISTA DE FIGURAS | 4 |
| LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO | 7 |
| 1.1. UBICACIÓN | 7 |
| 1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO | 8 |
| 1.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO | 9 |
| CAPÍTULO II: ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DEL EMBARQUE DE CONCENTRADOS | 10 |
| 2.1. FORMA DE EMBARQUE | 10 |
| 2.2. EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL EMBARQUE | 13 |
| 2.3. VOLUMEN DE EMBARQUE | 14 |
| CAPITULO III: EVALUACION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS | 17 |
| 3.1. DESCRIPCIÓN DE FAJA TRANSPORTADORA, TIPOS | 18 |
| 3.1.1 Clases, tipos, características técnicas | 21 |
| 3.1.2 Tipos de bandas transportadoras | 22 |
| 3.2. EVALUACIÓN POR CAPACIDAD DE CARGA | 23 |
| 3.3. EVALUACIÓN DE COSTOS | 26 |
| 3.4. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MONTAJE | 36 |
| 3.4.1 Componentes de las fajas transportadoras | 37 |
| 3.4.2 Pendientes de las inclinadas | 37 |
| 3.4.3 Velocidad de las fajas | 37 |
| 3.4.4 Faja en el centro | 40 |
| 3.4.5 Deslizamiento de la faja a ambos lados | 40 |
| 3.4.6 Instalación de la Faja Transportadora | 41 |
| CAPITULO IV: INSTALACIONES NECESARIAS DEL MUELLE PARA SU ÓPTIMA OPERACIÓN | 43 |
| 4.1. INSTALACIONES DE EQUIPOS DE PROTECCION | 44 |
| 4.1.1 Defensas neumáticas hidráulicas Hi – Tech (HHPF) | 45 |
| 4.1.2 Defensas cilíndricas Hi – Tech (HCT) | 48 |
| 4.1.3 Defensas trapezoidales Hi – Tech (HTF) | 49 |
| 4.1.4 Defensas cónicas nova Hi – Tech (HNC) | 49 |
| 4.1.5 Defensas celulares Hi – Tech (HCF) | 50 |
| 4.1.6 Defensas tipo Z Hi – Tech (HZF) | 51 |
| 4.1.7 Defensas Excel AT Hi –Tech (HXAT) | 52 |
| 4.1.8 Defensas MT Hi – Tech (HMT) | 52 |
| 4.1.9 Defensas AT Hi – Tech (HAT) | 53 |
| 4.1.10 Defensas de protección de esquinas | 54 |
| 4.1.11 Defensas Inflables | 55 |
| CONCLUSIONES | 60 |
| RECOMENDACIONES | 61 |
| BIBLIOGRAFÍA | 62 |
| ANEXOS | |

RESUMEN

La situación actual de la forma como se viene operando en el puerto de Salaverry en cuanto a la exportación de concentrados de cobre es deficiente si se considera el volumen de embarque que bordea las 200 000 tn al año, y el modo de cómo se realiza esta actividad, pues contamina el medio ambiente, que es lo más perjudicial, por producir daños irreparables en la salud del hombre así como también en cualquier otra forma de vida que pueda existir en los alrededores.

Es así que se plantea el uso de una faja encapsulada que transporte el concentrado de mineral de cobre con el cual se lograra lo siguiente:

Transporte del concentrado desde el almacén hasta el Shiploader y de este sobre la nave, minimizando la contaminación del medio ambiente.

Reducción en la congestión vehicular, al no usar camiones.

Incremento del volumen de embarque (mín. 2'500,000 tn al año)

Este nuevo panorama hará que exista mayor fluidez de las cargas reduciendo los costos por ser el servicio optimizado, siempre debemos recordar que mientras el volumen de embarque aumente y el tiempo de estadía de las naves se reduzca, los costos de exportación disminuirán.

Por otro lado en lo que a defensas se refiere, las hay de diversos tipos:

Defensas fijas de jebe con plataforma

Defensas fijas de jebe puro

Defensas flotantes cilíndricas (inflables y rellenas de espuma)

El trabajo de las defensas es proteger tanto al muelle como al buque de las cargas puntuales y violentas que puedan causar daños a las superficies de contacto o estructuras. En pocas palabras la velocidad de ataque de la nave (que es energía cinética) debe ser absorbida por la defensa y al comprimirse se convierte en energía potencial que produce una fuerza de reacción entre el muelle y el casco de la nave. Cada defensa tiene una capacidad de absorber energía de acuerdo a su tamaño, el tipo de jebe, etc. Para que ésta fuerza de reacción no sea concentrada se puede usar una pantalla frontal que distribuye la carga en un área mayor y por lo tanto se convierte en presión sobre el casco.

LISTA DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| Cuadro N° 2.1 Muelle del T.P. Salaverry | 12 |
| Cuadro N° 2.2 Amarraderos del T.P. Salaverry | 12 |
| Cuadro N° 2.3 Áreas de almacenamiento | 13 |
| Cuadro N° 2.4 Equipamiento | 13 |
| Cuadro N° 2.5 Características Portuarias del T. P. Salaverry | 14 |
| Cuadro N° 2.6 Proyección de la demanda de concentrado de cobre | 16 |
| Cuadro N° 3.1 Características mecánicas del caucho | 23 |
| Cuadro N° 3.2 Capacidad de carga de la faja | 25 |
| Cuadro N° 3.3 Coeficiente de corrección | 26 |
| Cuadro N° 3.4 Coeficiente de corrección | 26 |
| Cuadro N° 3.5 Comparación de costos del sistema de embarque | 27 |
| Cuadro N° 4.1 Parámetro del caucho | 47 |
| Cuadro N° 4.2 Equipos de protección para el Muelle Norte del Puerto del Callao. | 56 |
| Cuadro N° 4.3 Equipos de protección para el Muelle del Puerto de Bayovar. | 56 |
| Cuadro N° 4.4 Equipo de protección propuesto para Muelle 1 del TPS | 56. |
| Cuadro N° 4.5 Diferentes medidas-Energía y peso | 57 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura N° 1.1 Mapa de ubicación | 7 |
| Figura N° 1.2 Vista panorámica del Terminal Portuario de Salaverry | 8 |
| Figura N° 2.1 Almacén temporal exterior al TPS | 11 |
| Figura N° 2.2 Proceso de embarque de concentrado | 11 |
| Figura N° 3.1 Cintas transportadoras | 17 |
| Figura N° 3.2 Rodillo | 18 |
| Figura N° 3.3 Sistema de faja transportadora | 20 |
| Figura N° 3.4 Bandas transportadoras | 25 |
| Figura N° 3.5 Vista panorámica del Proyecto | 28 |
| Figura N° 3.6 Esquema del proceso de transporte de concentrados | 29 |
| Figura N° 3.7 Carga de Faja Tubular | 30 |
| Figura N° 3.8 Cierre de Faja Tubular | 30 |
| Figura N° 3.9 Transporte por Faja tubular | 31 |
| Figura N° 3.10 Transporte por Faja tubular | 31 |
| Figura N° 3.11 Transporte por Faja tubular | 32 |
| Figura N° 3.12 Descarga de Faja tubular | 32 |
| Figura N° 3.13 Vista Panorámica de faja Tubular | 33 |
| Figura N° 3.14 Edificio de transferencia | 33 |
| Figura N° 3.15 Faja Tripper, Shiploader, y Muelle de minerales | 34 |
| Figura N° 3.16 Shiploader | 34 |
| Figura N° 3.17 Faja tubular lleno de concentrados | 35 |
| Figura N° 3.18 Congestión de camiones con concentrados | 35 |
| Figura N° 3.19 Zona de almacén de contenedores | 36 |
| Figura N° 3.20 Polea de Guía Belt Pilot | 38 |
| Figura N° 3.21 Desplazamiento del Belt-Pilot | 39 |
| Figura N° 3.22 Deslizamiento de la faja a ambos lados | 40 |
| Figura N° 3.23 Montaje de la faja BELT-PILOT | 42 |
| Figura N° 4.1 Defensa de forma cilíndrica | 44 |
| Figura N° 4.2 Defensas Lastradas y Neumáticas | 45 |
| Figura N° 4.3 Defensas neumáticas hidráulicas | 46 |
| Figura N° 4.4 Defensas Cilíndrica Hi-Tech | 48 |
| Figura N° 4.5 Defensas Trapezoidales Hi-Tech | 49 |
| Figura N° 4.6 Defensas Cónicas Nova Hi-Tech | 50 |
| Figura N° 4.7 Defensas Celulares Hi-Tech | 50 |
| Figura N° 4.8 Defensas Tipo Z Hi-Tech | 51 |
| Figura N° 4.9 Defensas Excel AT Hi-Tech | 52 |
| Figura N° 4.10 Defensas MT Hi-Tech | 53 |
| Figura N° 4.11 Defensas A T Hi-Tech | 54 |
| Figura N° 4.12 Defensas Protección de esquinas | 54 |

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

| | |
|--------------------------|--|
| TPS | : Terminal Portuario de Salaverry |
| ENAPU | : Empresa Nacional de Puertos |
| Km | : Kilómetros |
| Tn | : Toneladas |
| M | : metros |
| Φ | : Coeficiente de corrección para faja lisa con ángulo de inclinación |
| Ψ | : Coeficiente de corrección para faja nervada horizontal |
| Kg | : Kilogramo |
| Cm | : centímetro |
| UV | : Ultravioleta |
| Mm | : Milímetro |
| H | : hora |

INTRODUCCIÓN

Con el presente Informe de Suficiencia titulado **“Evaluación de Costos de Equipamiento del Muelle de Concentrados de cobre del puerto de Salaverry”** se trata de dar las pautas necesarias para poder llevar a cabo el equipamiento del muelle con fines de cargar concentrados de Mineral de Cobre, básicamente el informe está enfocado en dos temas principales, la Faja Transportadora encapsulada y los equipos de protección del muelle, considerando que ambos son fundamentales para asegurar la operatividad del puerto para este fin.

En el desarrollo de los capítulos se ha procurado enfatizar en temas puntuales, es así por ejemplo: En el Capítulo I se ha descrito de forma muy breve el proyecto. En el Capítulo II se ha descrito la forma actual como se viene operando en el puerto, resaltando el impacto ambiental y el volumen de carga. En el Capítulo III se describe una amplia gama de fajas transportadoras así como su forma de funcionamiento y la capacidad de carga según su ancho de banda y su ángulo de inclinación, así también se ha hecho un comparativo con el sistema de embarque que incluye la faja en el terminal portuario del Callao con lo que se determinó que el sistema de embarque usando faja encapsulada, para el puerto de Salaverry costaría \$22.85 Millones de Dólares. En el Capítulo IV se ha desarrollado una amplia descripción de los tipos de protección existentes en el Mercado actual pero que en principio se mantiene lo que fueron los sistemas de protección desde hace 50 años atrás, determinándose también los costos respectivos para el muelle 1 del puerto de Salaverry el cual asciende a la suma de \$299 600 Dólares.

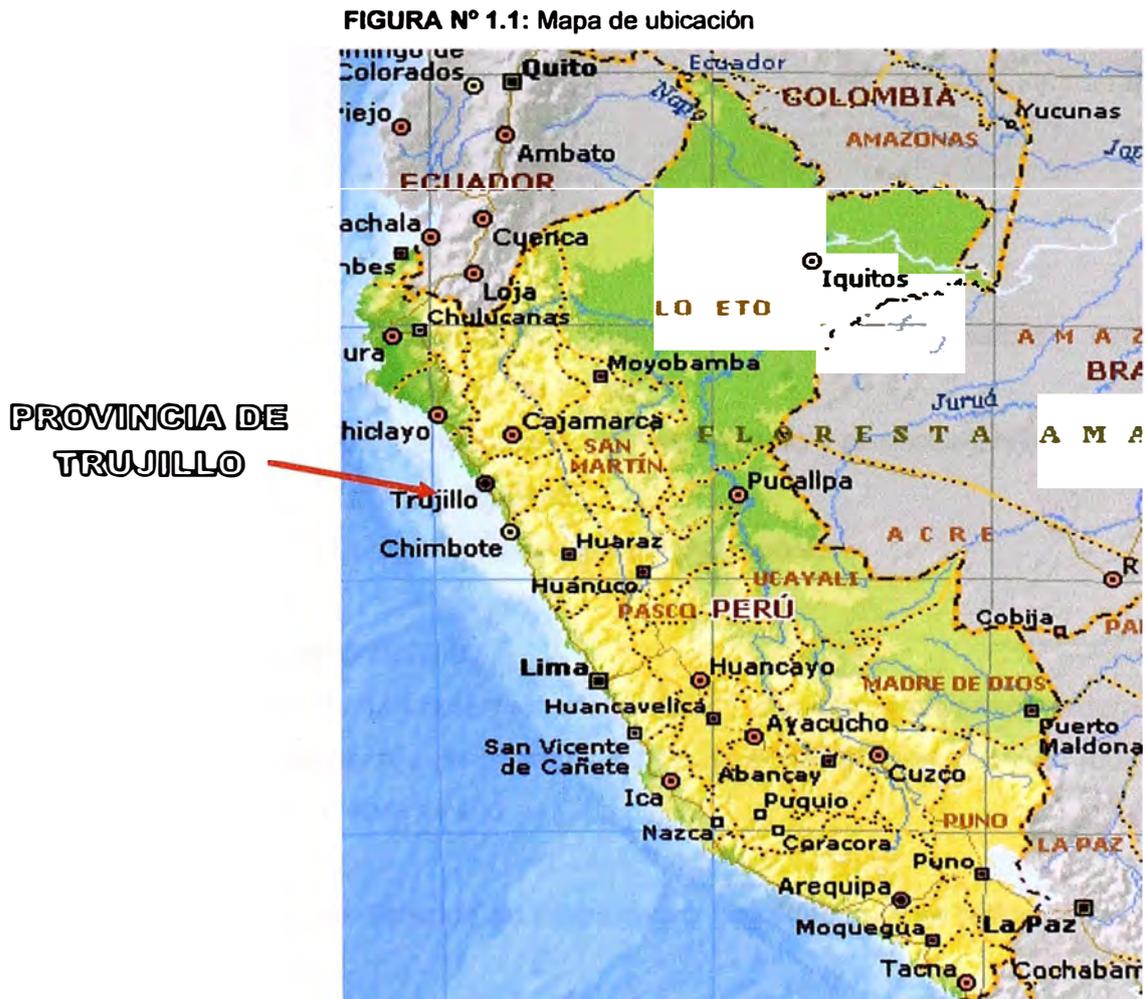
CAPITULO I: PERFIL DEL PROYECTO

1.1 UBICACIÓN

El terminal portuario de Salaverry se encuentra en el departamento de la Libertad, provincia de Trujillo, distrito de Salaverry. Está a 560km de la ciudad de Lima y a 12 km de Trujillo. (Ver Fig. N° 1.1).

- Latitud Sur : 08°13'27"
- Longitud Oeste: 78°58'52"

Su área de influencia comprende los departamentos de Trujillo (Casagrande, Cartavio, Laredo), Ancash, Lambayeque, La Libertad y el Norte de Lima. El acceso es por la carretera Panamericana Norte, desvío a Moche-puerto Salaverry-Trujillo-Departamento de La Libertad. (Ver Fig. N° 1.2).



Fuente: Google Earth

FIGURA N° 1.2: Vista panorámica del Terminal Portuario de Salaverry



Fuente: Google Earth

Sus límites son:

- Por el Norte Asentamientos Humanos y terreno baldío con afloramiento de agua.
- Por el sur Asentamientos Humanos, astillero y depósito ENCI.
- Por el Oriente Estadio, depósitos.
- Por el occidente : Población Nueva Salaverry/depósitos.

1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Es determinar los costos de implementar el muelle 1 con una faja transportadora encapsulada y con elementos de protección a fin de poder embarcar 2' 500, 000 tn de concentrados de Cobre al año.

Esto permitirá reducir los tiempos de embarque y por consiguiente reducción en los costos.

1.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO

El proyecto de "EVALUACIÓN DE COSTOS DE EQUIPAMIENTO DEL MUELLE DE CONCENTRADOS DE COBRE DEL PUERTO DE SALAVERRY" comprende la instalación de la faja transportadora encapsulada, para transportar concentrado de Cobre y la instalación de elementos de protección del muelle.

De ésta manera con el uso de sistemas automatizados de transporte de concentrados, mediante fajas transportadoras cerradas, entre otras mejoras se garantizaría el funcionamiento de las operaciones bajo óptimos estándares ambientales.

Así también la función principal de una defensa del muelle, es impedir el deterioro de las Naves y del Muelle durante el acoderamiento, para prevenir estos daños se colocan dispositivos de protección denominados sistema de defensa.

CAPITULO II: ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DEL EMBARQUE DE CONCENTRADOS

2.1. FORMA DE EMBARQUE

El TPS no cuenta con un sistema de almacenamiento para concentrados, ni con un sistema mecanizado de embarque de concentrado, este proceso se realiza mediante la transferencia directa desde los camiones a la tolva receptora del sistema cargador de barcos portátil que previamente es ubicado en el muelle 1. (Ver Fig. N° 2.2).

Este sistema como solución al proceso de embarque de concentrados, fue implementado por la Compañía Minera Gold Fields La Cima S.A. (Gold Fields), que transporta el concentrado de cobre desde el Proyecto Cerro Corona ubicado en el distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca aproximadamente a 90 km por carretera al norte de la ciudad de Cajamarca, hacia el Puerto Salaverry para su exportación vía marítima hacia Europa o Asia.

Actualmente se hacen las actividades de almacenamiento temporal del concentrado al exterior del Terminal Portuario de Salaverry-TPS, (Ver Fig. N° 2.1) luego el transporte desde el almacén hasta el muelle 1 del TPS, y el embarque del concentrado de cobre.

El cargador de barcos, utilizado para el embarque de concentrados, es un equipo transportador montado sobre ruedas (totalmente articulado) que cuenta con un buzón tolva alimentador y un sistema de mangas encapsuladas y manga de descarga a la bodega del barco diseñado para minimizar la pérdida de concentrado.

Con este sistema se logra embarcar 5,000 TM en aproximadamente 24 horas. De trabajar todos los días del año se alcanzaría embarcar un volumen total de 1'825,000 toneladas de concentrado.

FIGURA N° 2.1: Almacén temporal exterior al TPS



Fuente: www.enapu.gob.pe

FIGURA N° 2.2: Proceso de embarque de concentrado



Fuente: www.enapu.gob.pe

En vista del gran aumento de inversión en la explotación minera y la necesidad de exportar sus concentrados, con el sistema actual de embarque de concentrados no se lograría cubrir la demanda de 2'500,000 toneladas de concentrados.

REALIDAD ACTUAL DEL PUERTO DE SALAVERRY. INFRAESTRUCTURA.

El puerto de Salaverry cuenta en la actualidad con las siguientes facilidades para desarrollar sus actividades, tiene dos Muelles cuyas características se muestran en el Cuadro N° 2.1.

Cuadro N° 2.1: Muelle del Terminal Portuario de Salaverry

| Muelle | Largo | Ancho | Tipo de construcción |
|---------------|--------------|--------------|--|
| Muelle 1 | 225 metros | 25 metros | Plataforma y pilotes de concreto armado Tipo Espigón |
| Muelle 2 | 230 metros | 30 metros | Plataforma y pilotes de concreto armado Tipo Espigón |

Fuente ENAPU

Tiene cuatro Amarraderos uno a cada lado de cada muelle, con las características que se muestra en el Cuadro N°2.2.

Cuadro N° 2.2: Amarraderos del TPS

| Amarradero | Longitud (metros) | Profundidad (pies) | Capacidad DWT |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1-A | 225 | 32 | 25 000 |
| 1-B | 225 | 32 | 25 000 |
| 2-A | 230 | 32 | 25 000 |
| 2-B | 230 | 32 | 25 000 |

Fuente ENAPU

Así mismo cuenta con áreas de almacenamiento para carga en general y para el azúcar, con diferentes características que se pueden ver en el Cuadro N° 2.3.

Cuadro N° 2.3: Áreas de almacenamiento

| Almacenaje | Área (m2) | Capacidad TM | Uso |
|--|-----------|-------------------------|--------------------|
| Area techada | | | |
| Almacén 1 | 2 287 | 5 000 | Mercadería General |
| Almacén 2 | 2 287 | 5 000 | Mercadería General |
| Almacén de azúcar | 7 500 | 60 000 | Azúcar |
| Zonas abiertas y Anexos techo eternit | | | |
| Zona 1 | 2 172 | 2 900 | Carga General |
| Zona 2 | 750 | 1 500 | Carga General |
| Zona 3 | 10 176 | 17 900 | Carga General |
| Zona 4 | 1 440 | 1 500 | Carga General |
| Zona 5 | 6 000 | 9 000 | Carga General |
| Zona 6 | 19 782 | 25 000 | Carga General |
| Anexos 1 | 2 287 | | |
| Otras características | | | |
| Capacidad de Embarque de 500 Ton/hora | | | |

Fuente ENAPU

2.2. EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL EMBARQUE

Entre los equipos que se utiliza para el embarque de los concentrados, se tiene equipos en tierra y equipos en mar, la cantidad y capacidad se muestra en el Cuadro N° 2.4.

Cuadro N° 2.4: Equipamiento

| Equipos | Cantidad | Capacidad |
|-------------------------|----------|--------------------|
| En Tierra | | |
| Tractores | 02 | 15 000 kg. |
| Elevadores | 06 | 2,254 – 4,900 kg. |
| Elevadores | 01 | 3,212 kg. |
| Elevadores de horquilla | 01 | 13,800 kg. |
| Elevadores de horquilla | 02 | 2,863 kg. |
| Elevadores de horquilla | 02 | 2,300 kg. |
| Grúas | 02 | 15,000 kg. |
| Cargadores frontales | 02 | 3,500 kg. |
| Cargadores frontales | 01 | 2,000 kg. |
| Portacontenedores | 31 | 1,000 – 25,000 kg. |
| Gent Sets | 02 | 600 kw |
| balanzas | 02 | 100 ton |
| En Mar | | |
| Remolcadores | 01 | 720 H.P. |
| Lancha | 01 | 190 H.P. |
| Lancha | 01 | 125 H.P. |

Fuente ENAPU

El TPS por sus características, acepta valores máximos permisibles para su correcta operación. (Ver Cuadro N° 2.5)

Cuadro N° 2.5: Características Portuarias del TPS.

| Límites Máximos Permisibles | | | | Orientación final del Buque | Sistema de Amarre | |
|-----------------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------|
| Dwt | Eslora | Calado | Prof. Prom. | 210 | Boyas | |
| | | | | | Cant. | Diam. x alt. (ft) |
| 25,000 | 600FT (183m) | 25FT (7.6m) | 28FT (8.5m) | | | 4 |

Fuente ENAPU.

2.3. VOLUMEN DE EMBARQUE

Trujillo, es caracterizado por ser generador de divisas para el país al exportar gran parte de su producción generalmente en concentrados de minerales, tradicionalmente contribuye con el 4.4% al PBI Regional. Los principales centros mineros polimetálicos (plata, cobre, plomo, zinc) se ubican en las provincias de Gran Chimú y Santiago de Chuco.

La explotación de oro se localiza en la provincia de Pataz y sus volúmenes de explotación vienen registrando una sostenida tasa de crecimiento. En la última década presenta un incremento de 370 %, ubicando La Libertad como el segundo productor nacional. Existe gran expectativa de incremento considerable de explotación de oro en los próximos años, a partir de las recientes vetas exploradas por Minera Barrick Alto Chicama, en la sierra de La Libertad.

Con el fin de darle mayor operatividad a la salida de productos industriales y minerales por el puerto de Salaverry, en La Libertad, la Empresa Nacional de Puertos S.A. (ENAPU) y dos empresas privadas pusieron en marcha dos proyectos de ampliación de la capacidad del puerto liberteño.

La Compañía Minera Gold Fields La Cima S.A., cuyas operaciones de explotación están centradas en Cajamarca, inauguraron obras de acondicionamiento en el TPS para iniciar el embarque de concentrado de cobre a los mercados de Europa y Asia (Alemania, Japón y Corea).

Mediante un convenio con ENAPU, la compañía minera ensambló un cargador móvil articulado de minerales que permitirá embarcar el concentrado de cobre con una capacidad nominal de 250 toneladas métricas por hora. En ésta obra se invirtió 2 millones de dólares.

Asimismo, se acondicionó una balanza electrónica para camiones y la iluminación del muelle 1, alcanzando exportar 200,000 toneladas de concentrados de cobre por año.

El TPS está ubicado estratégicamente cerca de las regiones de Cajamarca y Ancash donde dos yacimientos mineros Minas Conga (Celendín) y Ancash Cobre (cerca a la frontera con La Libertad) tienen previsto exportar sus minerales por ese puerto.

La Compañía Minera Antamina - CMA, que posee reservas explotables por un total de 494 millones de toneladas de mineral conteniendo leyes equivalentes de 1.7% de cobre, una de las más altas entre los demás depósitos, tiene potencial suficiente para desarrollar sin problemas una eventual expansión de la planta y por consiguiente representa sin duda alguna un usuario potencial del Puerto de Salaverry.

En el Cuadro N° 2.6 se muestra la proyección de la demanda de concentrado de cobre a exportar por el puerto de Salaverry, el cual se incrementa cada año, llegando al volumen de 2' 500, 000 Tn al año, al final de 10 años se ha considerado un crecimiento Lineal para hacerlo simple e ilustrativo.

Cuadro N° 2.6: Proyección de la demanda de concentrado de cobre

| Año | | Concentrados (ton) |
|------------|------|---------------------------|
| 1 | 2010 | 200,000 |
| 2 | 2011 | 250,000 |
| 3 | 2012 | 500,000 |
| 4 | 2013 | 750,000 |
| 5 | 2014 | 1'000,000 |
| 6 | 2015 | 1'250,000 |
| 7 | 2016 | 1'500,000 |
| 8 | 2017 | 1'750,000 |
| 9 | 2018 | 2'000,000 |
| 10 | 2019 | 2'250,000 |
| 11 | 2020 | 2'500,000 |

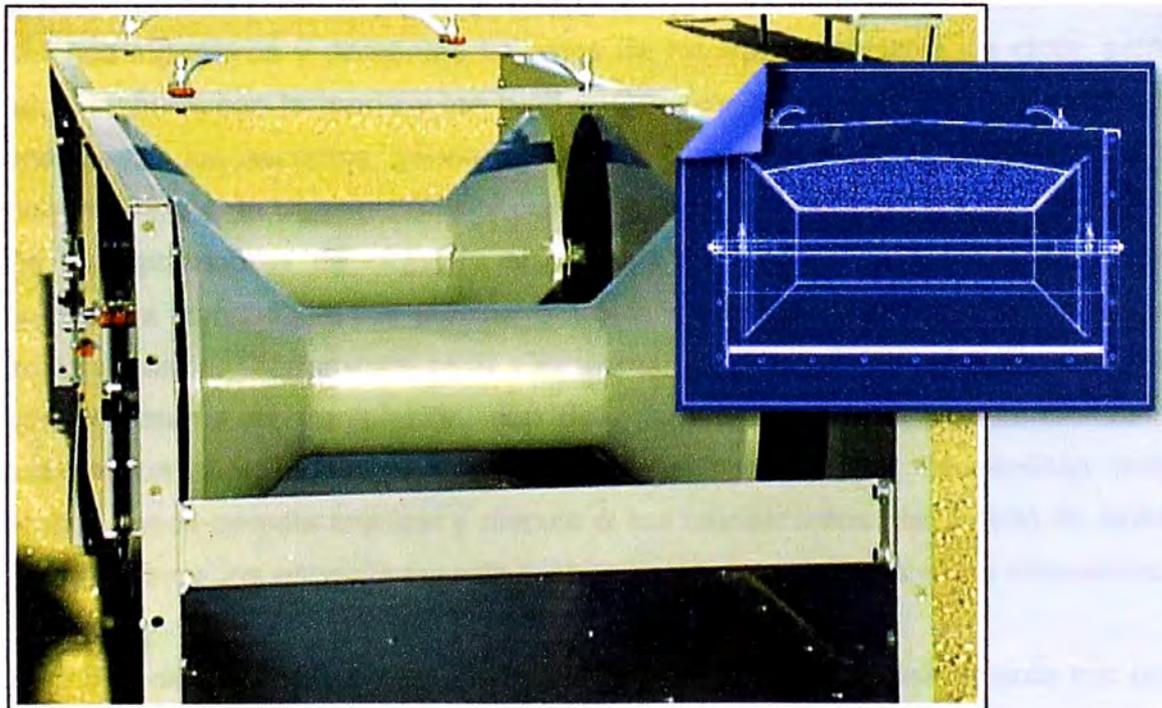
Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III: EVALUACION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS

En el transporte de materiales, materias primas, minerales y diversos productos se han creado diversas formas; pero una de las más eficientes es el transporte por medio de bandas (ver mecanismo en la Fig. N° 3.1) y rodillos transportadores (Ver mecanismo en la Fig. N° 3.2), ya que estos elementos son de una gran sencillez de funcionamiento, que una vez instaladas en condiciones suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento.

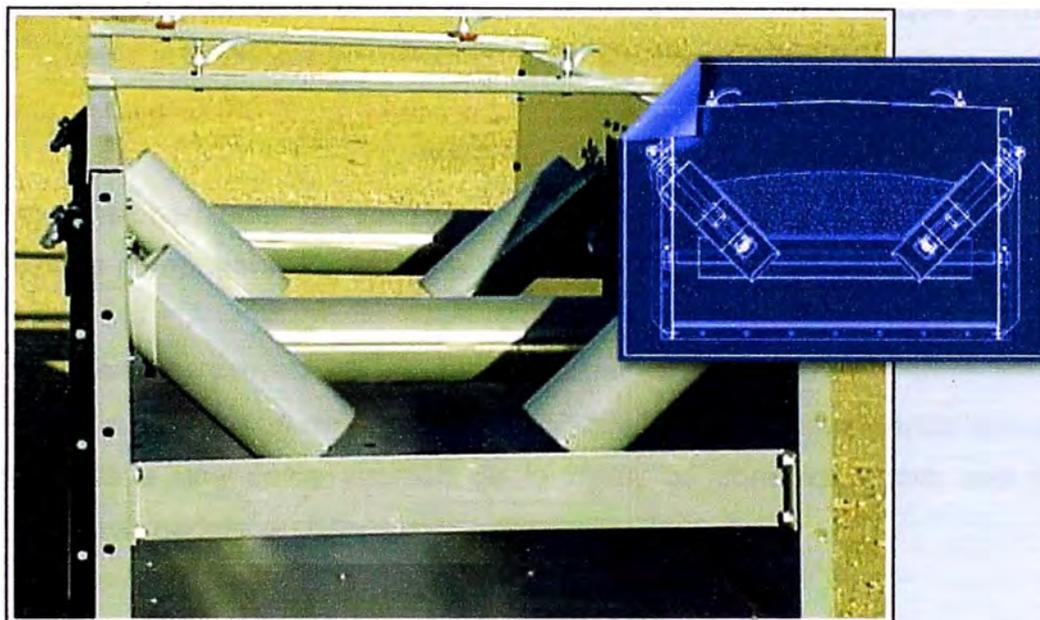
Las bandas y rodillos transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continuada.

FIGURA N° 3.1: Único, totalmente cerrado cintas transportadoras contiene el polvo y el material que automáticamente recarga de nuevo en el cinturón.



Fuente: internet

FIGURA N° 3.2: Diseño patentado de rodillo que se asemeja a la configuración a través de un transportador de canal



Fuente: Internet

3.1. DESCRIPCIÓN DE FAJA TRANSPORTADORA, TIPOS

Muchos ingenieros y diferentes usuarios de los transportadores de cinta, están familiarizados con la teoría y los fundamentos de la transmisión por correa. Un análisis de los aspectos generales de los transportadores de cintas, permite determinar que la transmisión por correa provee de una base para el diseño de los transportadores de cintas y elevadores de cintas. En la transmisión por correa, es transmitida por fricción entre la cinta y los tambores o poleas de accionamiento. Ciertamente otros elementos del diseño, que también colaboran con el sistema de transmisión, son determinantes tanto en la potencia de la transmisión como en la cantidad de material transportado. La similitud entre ambos casos permite analizar y discutir si los fundamentos del diseño de cintas están restringidos específicamente tanto a los transportadores como elevadores.

Este tipo de transportadoras continuas están constituidas básicamente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le

transmite uno de los tambores extremos, generalmente el situado en "cabeza". Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión. (Ver Fig. N° 3.3).

Se denominan cintas fijas a aquéllas cuyo emplazamiento no puede cambiarse. Las cintas móviles están provistas de ruedas u otros sistemas que permiten su fácil cambio de ubicación; generalmente se construyen con altura regulable, mediante un sistema que permite variar la inclinación de transporte a voluntad.

En el funcionamiento de las bandas transportadoras se tiene en cuenta los siguientes componentes o cálculos:

Tensión en una correa: es una fuerza actuando a lo largo de la cinta, tendiendo a elongarla. La tensión de la correa es medida en Newtons. Cuando una tensión es referida a una única sección de la cinta, es conocida como una tensión unitaria y es medida en Kilonewtons por metro (kN/m).

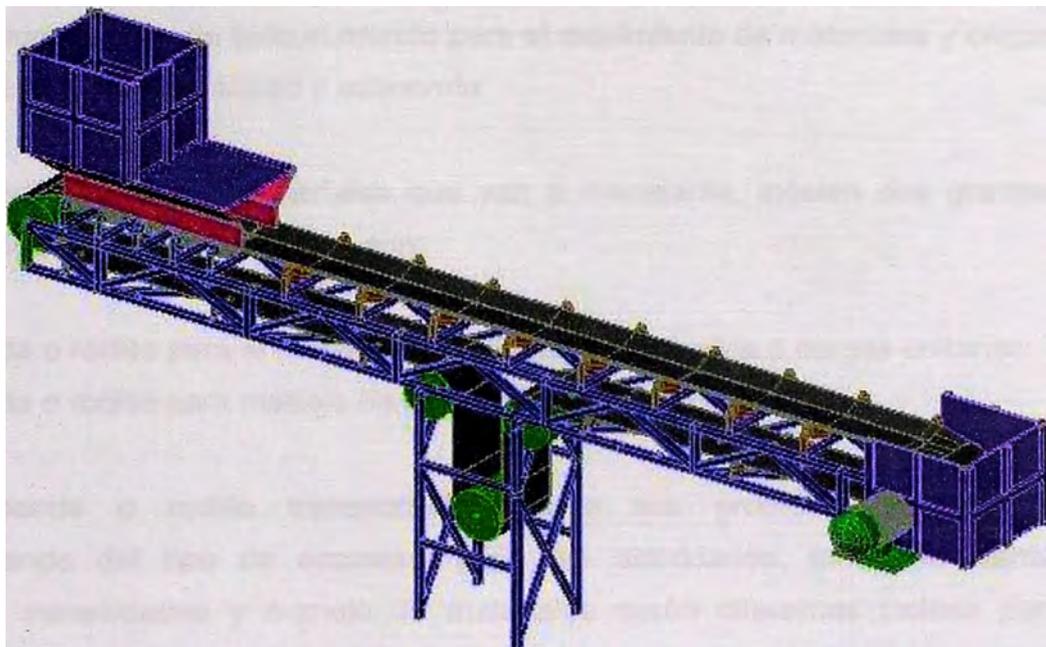
Torqué: es el resultado de una fuerza que produce rotación alrededor de un eje. El troqué es el producto de una fuerza (o tensión) y de la extensión del brazo que se esté utilizando y es expresado en Newton por metro (N*m).

Energía y trabajo: están relacionados muy cercanamente debido a que ambos son expresados en la misma unidad. El trabajo es el producto de una fuerza y la distancia a recorrer. La energía es la capacidad de ejecutar un trabajo. Cada uno es expresado en Joules, en el que un Joule equivale a un Newton-metro. La energía de un cuerpo en movimiento es medida en Joules.

La potencia: es la relación entre la realización de un trabajo o transmisión de energía. La unidad mecánica de potencia es el watt, que es definido como un Newton-metro por segundo.

La potencia empleada en un periodo de tiempo produce trabajo, permitiendo su medición en kilowatt-hora.

FIGURA N° 3.3: Sistema de faja transportadora



Fuente: Internet

3.1.1. CLASES, TIPOS, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La tecnología de transporte continuo mediante bandas transportadoras se ha establecido a través de todo el mundo para el movimiento de materiales y cargas debido a su gran versatilidad y economía.

De acuerdo al tipo de materiales que van a manejarse, existen dos grandes grupos de transportadores, ellos son:

- Banda o rodillo para el manejo de productos empacados o cargas unitarias.
- Banda o rodillo para manejo de producto suelto o a granel.

Cada banda o rodillo transportador posee sus propias características dependiendo del tipo de empresa, pues las actividades, medio ambiente, espacio, necesidades y manejo de materiales serán diferentes incluso para empresas que pertenecen a un mismo ramo de la producción, siendo esta la principal razón por la cual cobran tanta importancia los criterios de selección.

Existe un gran número de variables que nos permiten llegar a una escogencia exitosa de la banda o rodillo transportador requerida para un proceso determinado. Entre las más importantes y comunes se tienen:

- Material a manejar: Características, temperatura, etc.
- Capacidad y peso.
- Distancia de transporte.
- Niveles de transporte.
- Interferencias, limitaciones, apoyos.
- Función requerida del medio transportador.
- Condiciones ambientales.
- Recursos energéticos.
- Recursos financieros (presupuestos).
- Clasificación de usuarios y tiempo de utilización.

3.1.2. TIPOS DE BANDAS TRANSPORTADORAS:

TIPOS DE TRANSPORTADORES DE BANDA.

Existen variados tipos de transportadores, y una variación de los mismos, pero los principales que se pueden nombrar son:

- ❖ Cinta transportadora.
- ❖ Elevador de capachos.
- ❖ Tomillo helicoidal.

a. BANDAS TRANSPORTADORAS DE GOMA

Vulcanizado de perfiles:

Para mejorar la capacidad de transporte, sobre todo con grandes inclinaciones se emplean perfiles transversales y bordes de contención. Se vulcanizan perfiles de distintos tipos, adaptando su disposición a las características del producto y transportador.

Características:

Longitud:

Desarrollo total de la banda en metros. Indicando si va cerrada sin-fin, grapada, empalme preparado o abierta.

Tipo de banda:

- Lisa: para transporte horizontal o de poca inclinación.
- Nervada: para instalaciones de elevado ángulo de transporte.
- Rugosa: alto coeficiente de rozamiento para transporte horizontal y/o inclinado de productos manufacturados generalmente.

Ancho de la banda en mm:

En función del tipo existen unos anchos estandarizados. Son:

- LISA : 300-400-500-600-650-700-800-1000-1200
- NERVADA : 400-500-600-650-800
- RUGOSA : Ancho máximo 1200 mm.

COBERTURA:

Característica del caucho para soportar el material a transportar.

(Ver Cuadro N° 3.1)

CUADRO N° 3.1: Características mecánicas del Caucho

| REFERENCIA | UTILIZACION |
|------------------|--|
| Estándar | Soportar el material a transportar |
| Antiabrasivo | Materiales cortantes y de granulometría elevada. |
| Muy antiabrasivo | Materiales con gran poder de desgaste. |
| Antiaceite | Resiste el ataque de aceites grasa e hidrocarburos. Al mismo tiempo soporta bien la temperatura, hasta 110°C. |
| Anticalórica | En función de la temperatura del producto se elegirá entre 110°, 150° ó 170°C, teniendo bien en cuenta la granulometría. |
| Alimentaria | De color blanco para su uso en la industria alimentaria. |
| Antillama | Para uso en minas y ambientes potencialmente explosivos. |

Fuente: Internet

b. BANDAS TRANSPORTADORAS DE PVC Y PU:

Se emplean para el transporte interior de productos manufacturados y/o a granel, en la mayoría de los sectores industriales: alimentación, cerámica, madera, papel, embalaje, cereales, etc...

Según el tipo de transportador, elegiremos:

- Trama rígida, para transporte plano.
- Trama flexible, para transporte en artesa.

Acabado inferior:

- Cobertura para transporte sobre rodillos.
- Tejido o grabado (K) para deslizamiento sobre cuna de chapa.

Según el tipo de producto a transportar se determinará la calidad de la cobertura:

Blanca alimentaria (PVC o Poliuretano).

Resistentes a grasas y aceites vegetales, animales o minerales.

Resistente a la abrasión.

Resistente a los cortes.

Antillama.

Antiestáticas permanentes.

c. BANDAS TRANSPORTADORAS MODULARES:

Se fabrican con materiales FDA (polietileno, polipropileno y poliacetal), permiten un amplio rango de temperatura de utilización (-70 a 105°C) y presentan las ventajas de su fácil manipulación, limpieza y montaje a la vez que una gran longevidad.

Sus principales aplicaciones son:

- Congelación
- Alimentación
- Embotellado
- Conservas

d. BANDAS DE MALLA METÁLICA / TEFLÓN

Fabricadas en distintos metales y aleaciones, generalmente están constituidas por espiras de alambre unidas entre sí por varillas onduladas o rectas. Permiten su utilización en aplicaciones extremas de temperatura (de -180°C a 1200°C), corrosión química o donde se requiera una superficie libre determinada.

Tanto por los materiales empleados como por los tipos de banda, las posibilidades de fabricación son infinitas y las aplicaciones más usuales son:

Congelación, enfriamiento

Hornos

Sinterizado

Filtrado

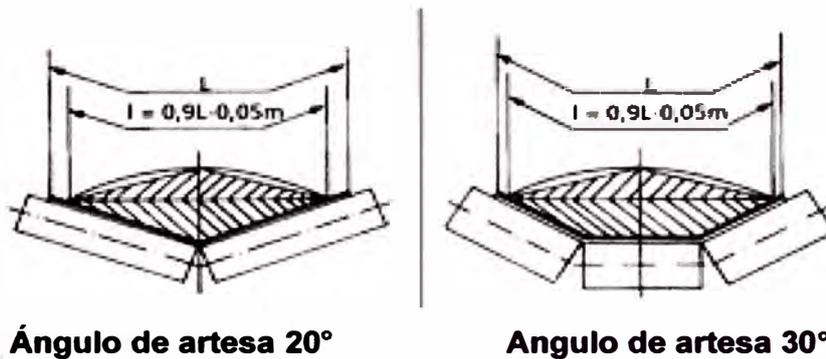
Lavado

3.2. EVALUACION POR CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de transporte viene determinada por el ancho y la velocidad de la banda. Además influyen factores como la granulometría y el ángulo de sobrecarga del material y la inclinación y tipo de transportador. (Ver Fig. N° 3.4)

Para bandas horizontales y un material con ángulo de sobrecarga de 10°, la capacidad teórica en m³/h puede considerarse la que aparece en el Cuadro N° 3.2.

Figura N° 3.4: Bandas transportadoras



CUADRO N° 3.2: Capacidad de carga de la faja

| | En V a 20° | | Artesa 30° | | | | | |
|------|------------|-----|------------|-----|-----|------|------|------|
| VEL | Ancho | | Ancho (mm) | | | | | |
| m/s | 400 | 500 | 500 | 650 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 |
| 0,52 | 23 | 36 | 39 | 61 | 107 | 178 | 250 | 358 |
| 0,66 | 29 | 46 | 49 | 86 | 136 | 226 | 317 | 455 |
| 0,84 | 37 | 59 | 62 | 110 | 173 | 287 | 403 | 579 |
| 1,00 | 44 | 70 | 74 | 131 | 206 | 342 | 480 | 690 |
| 1,31 | 58 | 92 | 97 | 172 | 270 | 448 | 629 | 904 |
| 1,68 | 74 | 118 | 124 | 220 | 346 | 574 | 806 | 1160 |
| 2,09 | 92 | 146 | 155 | 274 | 430 | 714 | 1000 | 1442 |

Fuente: internet

Para bandas lisas inclinadas se utiliza el coeficiente corrector \varnothing en función del ángulo, Como se muestra en el Cuadro N° 3.3.

CUADRO N° 3.3: Coeficiente de corrección.

| Ángulo | 2° | 4° | 6° | 8° | 10° | 12° | 14° | 16° | 18° | 20° | 22° |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| \varnothing | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,95 | 0,95 | 0,91 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,76 |

Fuente: Internet

La producción efectiva se determina por las fórmulas:

- **Capacidad efectiva en volumen: $Q_v = Q \times \varphi \times k$ (m^3/h)**

El coeficiente k depende de la granulometría del producto: $k = 0,75 - 0,85$

- **Capacidad efectiva en masa: $Q_m = Q_v \times \Theta$ (t/h)**

Θ = peso específico del material (t/m^3)

Para bandas nervadas cambia el coeficiente corrector φ según valores mostrados en el Cuadro N° 3.4.

CUADRO N° 3.4: Coeficiente de corrección

| Ángulo | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Mat. basto | 0,89 | 0,81 | 0,70 | 0,56 | - | - |
| Mat. pegajoso | 1,00 | 0,93 | 0,85 | 0,68 | 0,58 | 0,47 |

Fuente: Internet

3.3. EVALUACION DE COSTOS

El costo de implementar el Terminal portuario de Salaverry con un sistema de embarque conformado por una **faja transportadora tubular**, una **faja tripper**, y un **shiploader** será dado de manera referencial, habiendo hecho una correlación con el sistema de embarque que se instalará en el puerto del Callao, con inicio de operaciones programado para febrero del 2013.

TERMINAL DE EMBARQUE DE CONCENTRADOS DE MINERALES EN EL PUERTO DEL CALLAO

INFORMACION GENERAL

- Inversión \$ 120.3 Millones = \$ 101.1+IGV
- Capacidad del sistema 2000tmph
- Longitud del sistema 3500m
- Acceso abierto
- Incrementa la capacidad de embarque actual
- Concesión 20 años
- Faja transportadora cerrada

COMPONENTES DEL PROYECTO

- Dragado (-14m)
- Acceso abierto
- Faja Tubular
- Edificio de transferencia
- Faja tripper
- Shiploader
- Muelle de minerales

A continuación en el Cuadro N° 3.5 se muestra las características y el costo del sistema de embarque a instalar en el Terminal Portuario de Salaverry.

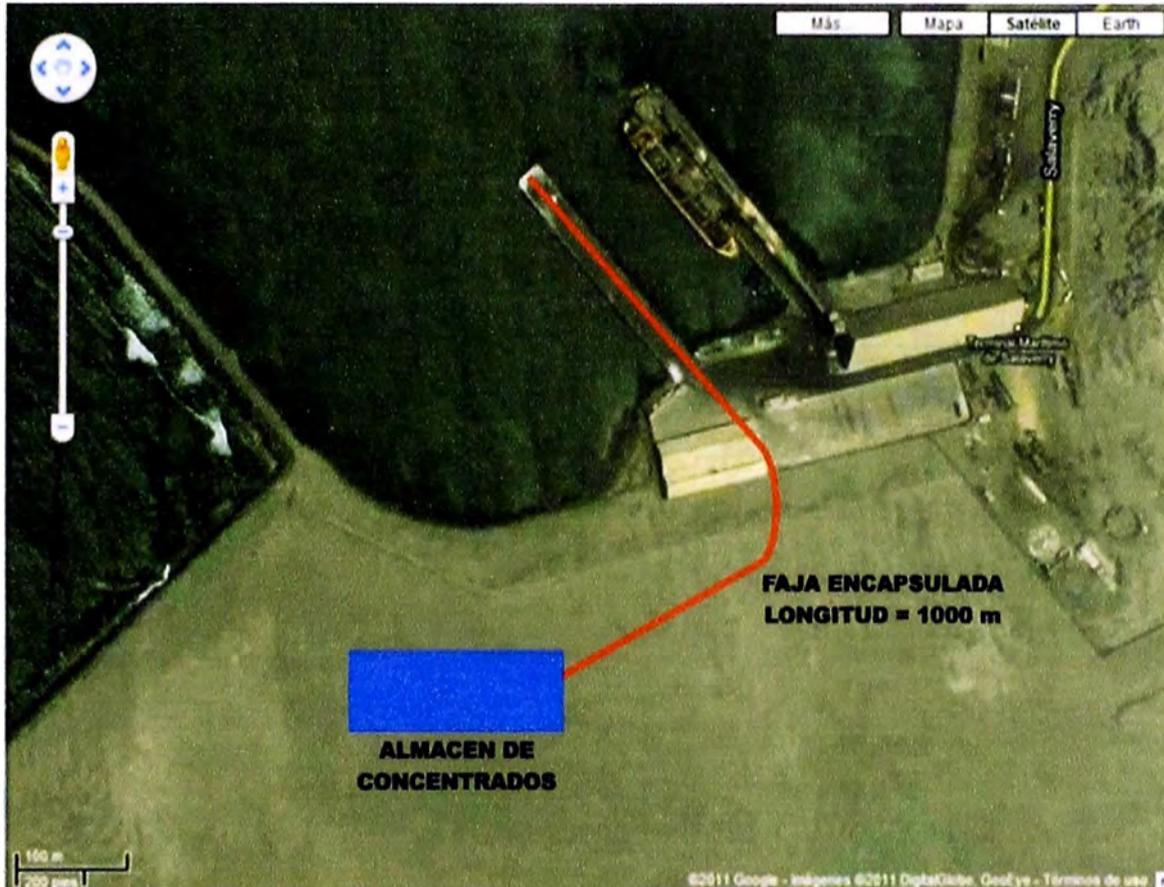
CUADRO N° 3.5: Comparación de costos del sistema de embarque

| | Puerto del Callao | Puerto de Salaverry |
|--|--|--|
| Inversión | \$120.3 Millones | \$22.85 Millones |
| Componentes del proyecto | Dragado, acceso abierto, faja tubular, edificio de transferencia, faja tripper, shiploader, muelle de minerales. | Dragado, Faja tubular, faja tripper, shiploader. |
| Capacidad del sistema | 2000 tm/h | 2000 tm/h |
| Longitud del sistema | 3500 m | 1000 m |
| Acceso abierto | Si | Si |
| Incrementa la capacidad de embarque actual | Si | Si |
| Concesión | 20 años | No definido |
| Faja transportadora cerrada | si | si |

Fuente: Internet – Elaboración Propia

En la Fig. N° 3.5 se muestra una vista panorámica de la ruta que sigue la faja transportadora encapsulada desde el almacén cuya ubicación se plantea donde se indica, hasta el muelle donde se embarcará, haciendo una longitud total de 1000 m aproximadamente.

FIGURA N° 3.5: Vista panorámica del Proyecto

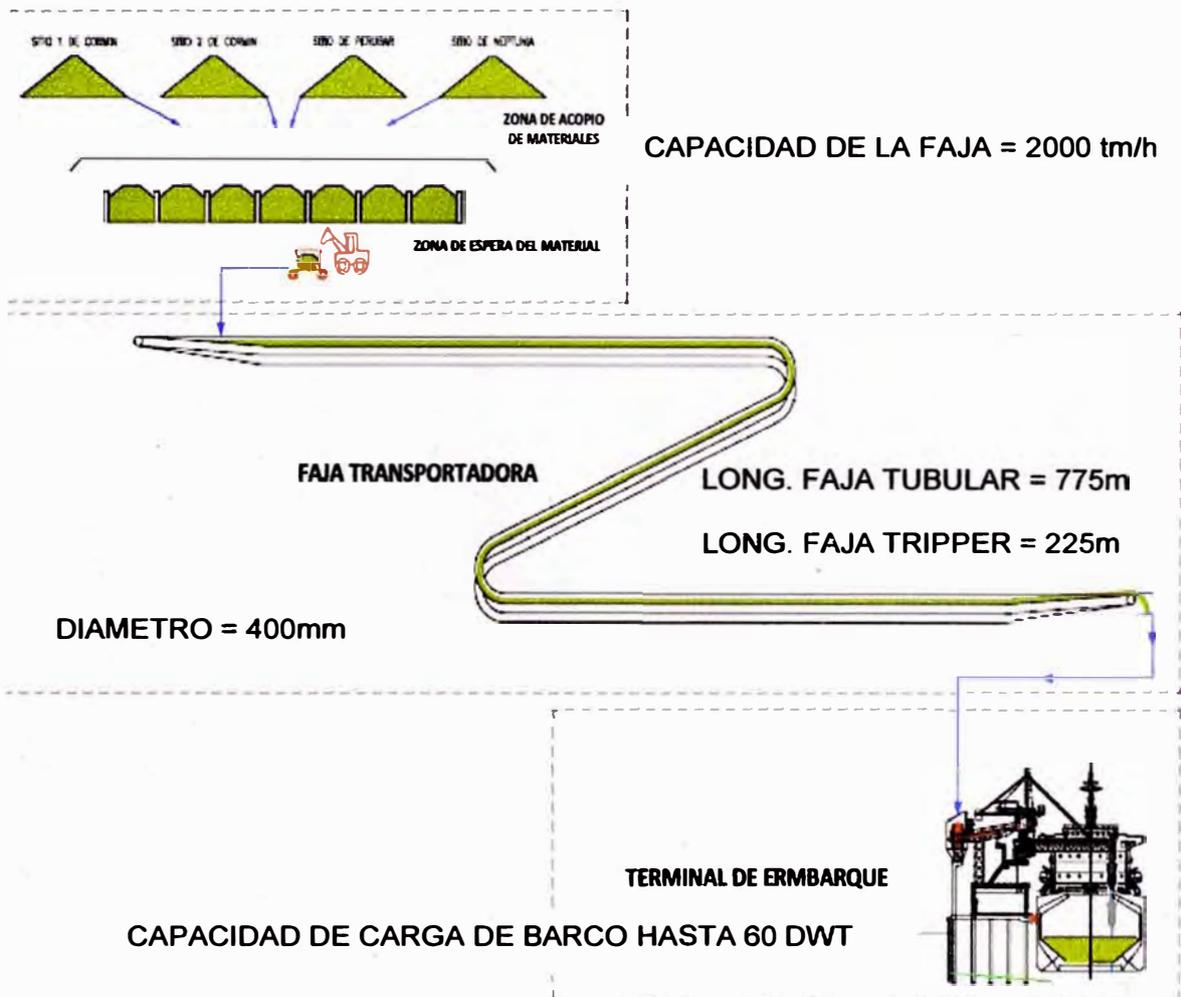


Fuente: Google Earth-Elaboración propia

En la Fig. N° 3.6, se presenta un esquema del proceso de transporte del concentrado, se puede observar que en el almacén existen varias rumas de concentrados correspondientes a diferentes clientes (minerías). Las calidades de los concentrados son diferentes, este concentrado es depositado sobre la faja que luego se cierra formando una tubería de 400mm de diámetro, siendo transportado hasta el muelle donde después pasa a una faja Tripper el cual lleva al concentrado hasta el Shiploader que finalmente deposita el material directamente sobre los almacenes de las naves.

Con este mecanismo se espera atender a naves de hasta 60 DWT.

FIGURA N° 3.6: Esquema del proceso de transporte de concentrados



Fuente: Internet-Elaboración propia

PRINCIPIO DEL TRANSPORTADOR TUBULAR

Área de Carga del material.

La cinta transportadora ésta abierta y se carga al igual que una cinta transportadora convencional. (Ver fig. N°3.7)

FIGURA N° 3.7: Carga de Faja tubular



Fuente: www.enapu.gob.pe

Sección de cierre de cinta.

Dispositivos especiales cierran la cinta transportadora que lleva el material (Ver fig. N°3.8)

FIGURA N° 3.8: Cierre de Faja tubular



Fuente: www.enapu.gob.pe

Durante el transporte:

La cinta forma un tubo sellado, este protege el material transportado de influencias externas tales como viento y lluvia. (Ver fig. N°3.9)

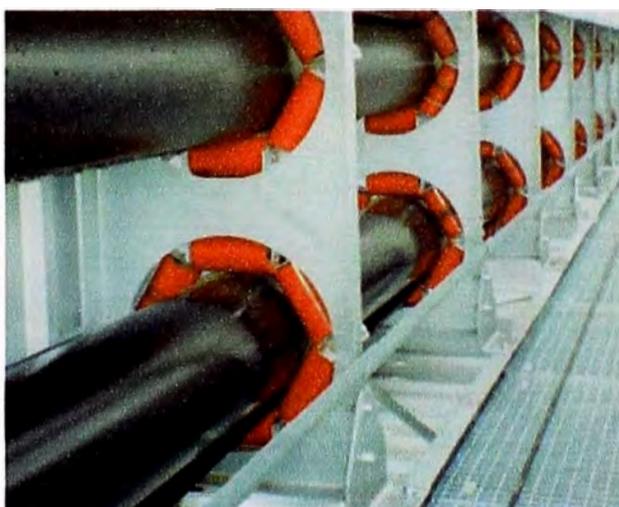
FIGURA N° 3.9: Transporte por Faja tubular



Fuente: www.enapu.gob.pe

La cinta de retorno también forma un tubo sellado, así se evita la contaminación por derrame. (Ver fig. N°3.10)

FIGURA N° 3.10: Transporte por Faja tubular



Fuente: www.enapu.gob.pe

El diseño flexible de la cinta tubular permite cambios direccionales sin la necesidad de estaciones de transferencia. (Ver fig. N° 3.11)

FIGURA N° 3.11: Transporte por Faja tubular



Fuente: www.enapu.gob.pe

Área de descarga del material:

La cinta se abre automáticamente en el área de descarga.

Posterior a la descarga del material, la cinta se cierra nuevamente para excluir la posibilidad de contaminación durante el trayecto de transporte. (Ver fig. N° 3.12)

FIGURA N° 3.12: Descarga de Faja tubular



Fuente: www.enapu.gob.pe

En la Fig. N° 3.13 se visualiza como el transporte mediante faja encapsulada no rompe el esquema natural del paisaje.

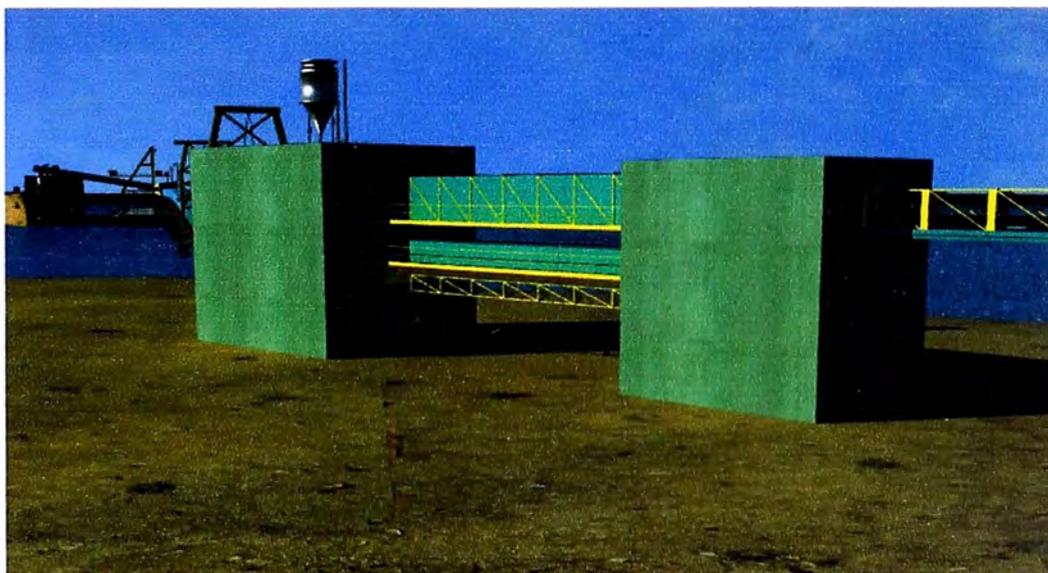
FIGURA N° 3.13: Vista Panorámica de faja Tubular



Fuente: www.enspu.gob.pe

En la Fig. N° 3.14 se observa la transferencia del concentrado de la faja encapsulada hacia la faja TRIPPER

FIGURA N° 3.14: Edificio de transferencia



Fuente: www.enapu.gob.pe

La Fig. N° 3.15 muestra el transporte mediante la faja tripper, la cual no está apoyada sobre el muelle, estando sobre unas torres cimentadas directamente sobre el lecho marino

FIGURA N° 3.15: Faja Tripper, Shiploader, y Muelle de minerales



Fuente: www.enapu.gob.pe

En la Fig. N° 3.16 se ve la descarga del concentrado hacia el Shiploader, luego del cual se descarga directamente sobre los almacenes de la Nave.

FIGURA N° 3.16: Shiploader



Fuente: www.enapu.gob.pe

Ventajas del transporte mediante faja encapsulada

NO CONTAMINA:

Faja Transportadora Hermética construida en área industrial alejada de viviendas y zona urbana. Elimina 130,000 viajes de camiones cargados entre los depósitos y el puerto.(Ver Fig. N° 3.17)

FIGURA N° 3.17: Faja tubular lleno de concentrados



Fuente: www.enapu.gob.pe

DESCONGESTIONA:

El tráfico de camiones con carga de concentrados disminuiría significativamente dando mayor acceso al puerto para contenedores y otras cargas. (Ver Fig. N° 3.18)

FIGURA N° 3.18: Congestión de camiones con concentrados



Fuente: www.enapu.gob.pe

NO INTERFIERE:

La operatividad de las cargas en contenedores no se ve afectada al usar la faja transportadora (Ver Fig. N° 3.19), ya que no interfiere:

Con zona de maniobra del puerto.

Con operaciones del Muelle 7.

Con tráfico de naves en puerto.

Con el desarrollo del Puerto Hub para contenedores.

Con la expansión futura del muelle norte.

FIGURA N° 3.19: Zona de almacén de contenedores



Fuente: www.enapu.gob.pe

3.4. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MONTAJE

A fin de realizar de manera adecuada el montaje de una faja transportadora, es necesario conocer muy bien sus componentes y su función ya que su correcta operación nos permitirá transportar el mineral a diferentes partes de la sección en forma cómoda, limpia, económica y rápida.

Las fajas son reforzadas y revestidas con caucho, para aguantar tensiones y resistir al fuerte desgaste superficial debido al rozamiento con los diferentes polines y por el mismo paso de los minerales.

3.4.1. Componentes de las fajas transportadoras

Las fajas propiamente dichas y sus respectivas grampas.

Las poleas, que tienen la misión de sostener a la faja en sus extremos, tenemos 2 tipos:

- a) **Polea motriz o de cabeza**, que lleva acoplado el motor que la mueve

- b) **Polea zaguera o tensora**, es similar a la cabeza, no lleva motor, generalmente es la parte que recibe al mineral.

Los polines: sostiene las fajas entre las poleas como: polines de carga, polines de retorno y polines de guía.

3.4.2. Pendientes de las inclinadas

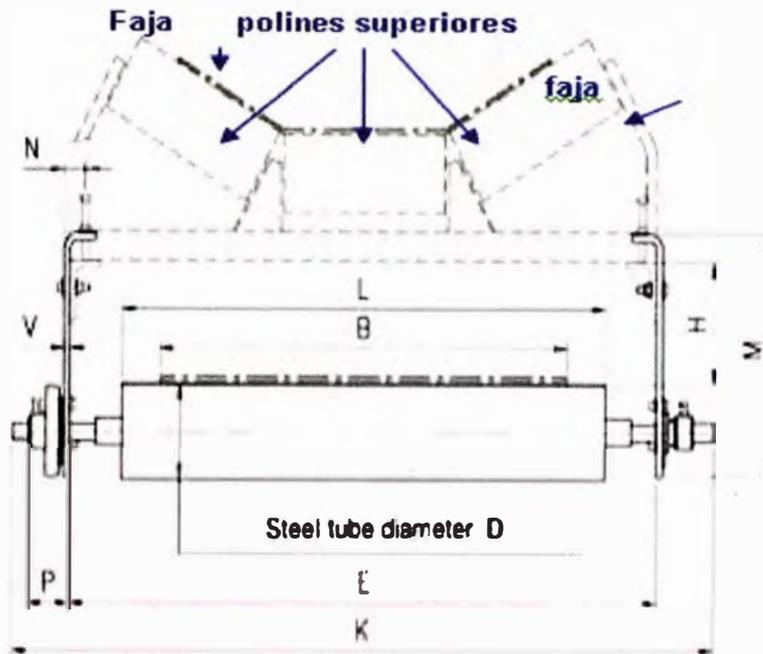
Se mantiene por debajo de ciertos valores críticos, para que así el mineral se transporte sin resbalar. Los ángulos de inclinación pueden oscilar entre 15° a 20°

3.4.3. Velocidad de las fajas

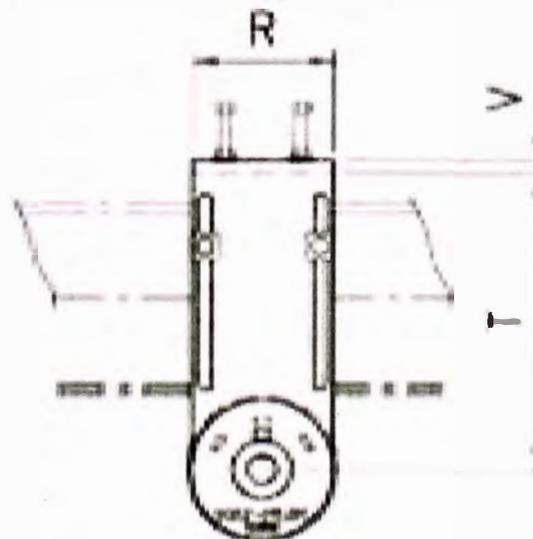
Funcionan normalmente a velocidades constantes. El procedimiento usual de movimiento consiste en un dispositivo de mando eléctrico, su marcha comienza cuando el operador pulsa un botón respectivo.

FIGURA N° 3.20: Polea de Guía Belt Pilot

Vista en elevación



Vista de perfil

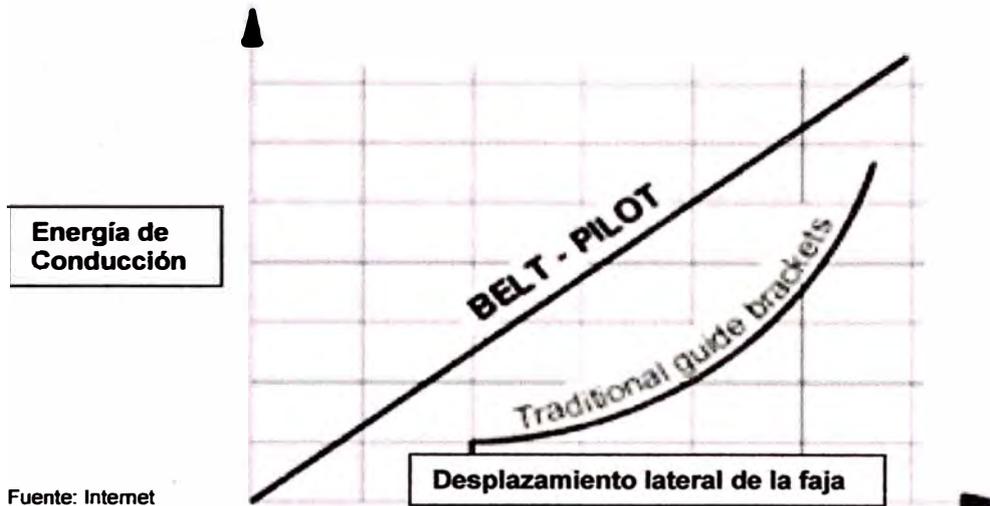


Fuente: Internet

La guía centralizadora de correa BELT-PILOT inicia el centrado de la faja de retorno apenas se produce la más mínima desviación central. El efecto

centralizador se logra mediante una unidad especial de rodajes dentro del rodillo que simultáneamente inclina y gira el BELT-PILOT. (ver Fig. N° 3.20)

FIGURA N° 3.21: Desplazamiento del Belt-Pilot



Fuente: Internet

Las alternativas estándar disponibles incluyen tres tubos de diámetro con recubrimiento de caucho. Se recomienda la BELT-PILOT con revestimiento de poliuretano para los trabajos más difíciles.

En las aplicaciones secas y limpias, se puede utilizar superficie de acero sin recubrimiento. Otras alternativas de recubrimiento se preparan a solicitud del cliente. Escoja el tipo apropiado de BELT-PILOT según el tipo de operación de la correa transportadora: una sola dirección o correa reversible.

La BELT-PILOT sólo requiere un espacio pequeño en la transportadora. Los elementos de acoplado se pueden mover a lo largo del eje del rodillo lo que facilita y acelera la instalación de la BELT-PILOT haciéndola más rápida.

La BELT-PILOT empieza a centrar la correa de retorno inmediatamente después que se produce la más ligera desviación central. Las abrazaderas de guía tradicionales con rodajes o frenos no realizan ningún efecto centralizador hasta que la faja llega al eje guía lateral.

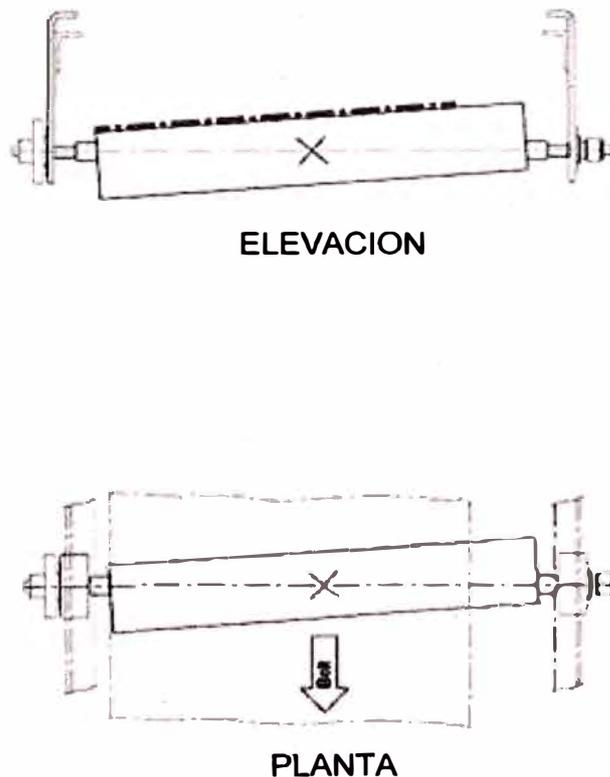
3.4.4. Faja en el Centro

El centro de gravedad de la correa y la guía se encuentran en el centro. La guía está colocada en dirección perfectamente horizontal y en el mismo sentido de la correa.

3.4.5. Deslizamiento de la faja a ambos lados.

Debido a la diferencia del centro de gravedad de la correa y el eje guía, el eje guía se hunde debido al peso de la correa y se desplaza en dirección diagonal a la correa. Cuando el eje guía está en dirección oblicua a la dirección de la correa, se centra la correa. El eje guía permanecerá oblicuo hasta que haya centrado la correa. Luego, los centros de gravedad volverán al mismo punto y el eje guía retornará a su lugar. (Ver Fig. N° 3.22)

FIGURA N° 3.22: Deslizamiento de la faja a ambos lados



Fuente: Internet

3.4.6. Instalación de la Faja Transportadora

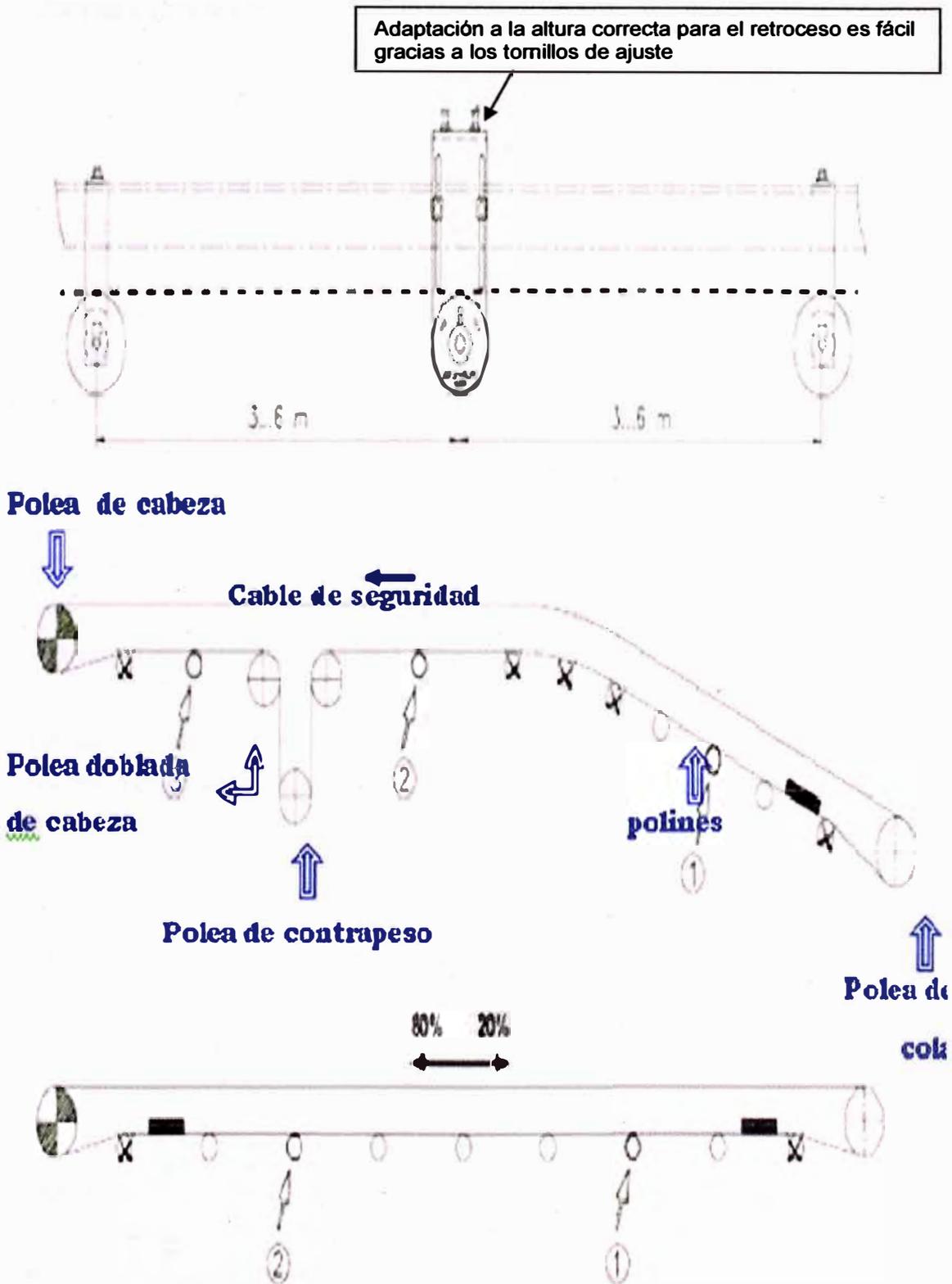
El eje guía centralizador BELT-PILOT reemplaza un eje guía de retorno. Así, se asegura una carga suficiente sobre el eje guía para permitir que llegue suficiente poder de tracción a la correa.

La distancia desde el eje guía centralizador al siguiente eje de retorno no debe superar 3 m. El eje guía centralizador se instala al mismo nivel que el otro retorno. **NO SE DEBE** permitir que el eje guía centralizador se instale en los lugares donde la correa se flexiona o ejerce presiones sobre el eje guía.

Los puntos de mayor eficiencia para el eje de tracción para el buen funcionamiento, y se presentan en la Fig. N° 3.23.

En una correa transportadora reversible, el porcentaje (%) se tiene la relación entre las cantidades de operación (80%/20%) y la colocación de mayor eficiencia.

FIGURA N° 3.23: Montaje de la faja BELT-PILOT



Fuente: Internet

CAPITULO IV: INSTALACIONES NECESARIAS DEL MUELLE PARA SU ÓPTIMA OPERACIÓN

Con la finalidad de proteger al muelle al momento del acoderamiento del buque, se coloca dispositivos de protección denominados sistemas de defensa. En su forma más simple la defensa puede ser un miembro horizontal ó vertical, fijado en la plataforma o frente del muelle.

En el diseño general de defensas, el máximo impacto ocasionado por un barco se produce cuando golpea contra el muelle en el acoderamiento; se basa en ciertas suposiciones, como la operación del barco con respecto al ángulo y velocidad con la cual se aproxima al muelle.

Para fines de diseño se puede suponer que el barco está completamente cargado y su ángulo de aproximación al muelle es de 10°, y su velocidad de aproximación: 0.15 a 1.00 pies/seg. Correspondiendo la última cifra a una velocidad de aproximación de 3 1/2 nudos.

En general se suponen las velocidades de 0.5 a 1.0 pies/seg normales al muelle, para barcos que atracan sin remolcadores y barcos de tonelaje liviano. Velocidades menores de 0.5pies/seg. Para barcos pesados con la ayuda de remolcadores.

La energía producido por el impacto del barco con el muelle sólo un porcentaje es absorbido por el sistema de defensas es:

$$E = C \frac{W_s V_s^2}{2g}$$

Donde:

E = Energía que debe ser absorbida por el muelle en lbs-pie.

Ws = Peso de desplazamiento del barco en Tn-largas.

Vs = Velocidad del barco normal al muelle en pies/seg.

g = Aceleración debida a la gravedad, 32 pies/seg.

C = Coeficiente de absorción de energía del muelle, el cual depende de las constantes de elasticidad del barco y del muelle y varía entre un mínimo de: 50% a 100% máx.

4.1. TIPOS DE DEFENSAS Y SUS CARACTERISTICAS DE FORMA CILINDRICAS

Defensas de forma cilíndrica, flotantes, de diversos tamaños de acuerdo al uso que se va a dar. Rellenas de espuma, para evitar que se hundan. Pueden venir con llantas para mayor protección y duración de la defensa. (Ver Fig. N° 4.1)

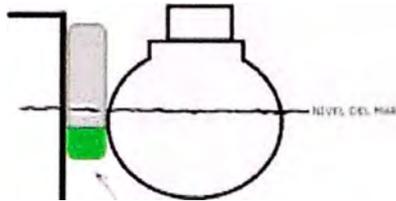
FIGURA N° 4.1: Defensa de forma cilíndrica



Fuente: CONSULT-MAR

También se tiene defensas verticales con lastre de agua, para cascos de formas especiales y otras que no tienen llantas adosadas y se pueden desinflar para su mejor transporte (defensas neumáticas), como se muestra en la Fig. N° 4.2.

FIGURA N° 4.2: Defensas Lastradas y Neumáticas



Defensa Cilíndrica
Vertical Lastrada
(Hidro-Neumática)

**DEFENSAS PARA USOS ESPECIALES EN
FORMA VERTICAL CON LASTRE DE
AGUA, PARA CASCOS DE FORMAS
ESPECIALES**

También se ofrecen sin llantas de protección y neumáticas (Vienen desinfladas)



Fuente: CONSULT-MAR

4.1.1. DEFENSAS NEUMÁTICAS HIDRÁULICAS HI-TECH (HHPF)

Las defensas HHPF se llenan parcialmente con agua y luego se presurizan con aire. Este hidro refuerzo proporciona una mejor estabilidad al momento de la carga. Se puede adicionar el caucho, para las defensas debe ser natural o sintético, resistente al envejecimiento, a la intemperie y desgaste. Y tendrá las propiedades mencionadas en el Cuadro N° 4.1. El material deberá ser homogéneo y libre de impurezas, poros y grietas (Ver Fig. N° 4.3)

FIGURA N° 4.3: Defensas neumáticas hidráulicas



Fuente: CONSULT-MAR

Los siguientes datos particulares se presentarán con la propuesta del Contratista para el tipo de defensa a utilizar en la obra:

- Los documentos del fabricante, incluyendo una lista de las propiedades físicas de la caucho de las defensas;
- Un informe sobre las pruebas de carga de compresión y gráficos de carga-deformación y de energía-deformación;
- La temperatura a la que la prueba de carga de compresión se llevó a cabo con un gráfico que muestra cómo la carga de pandeo varía con la temperatura;
- El rango de compresión utilizado en el ensayo con un gráfico que muestra cómo varía la carga de pandeo con el rango de compresión;

Los datos de las características y tipo de defensa a utilizar se someterán a la aprobación del Ingeniero por lo menos 40 días antes de la primera entrega de las defensas en Obra.

Se presentará un certificado mostrando el nombre del fabricante, la fecha y lugar de fabricación y mostrando que las defensas de caucho, incluyendo el caucho utilizado en la fabricación de las mismas, cumplen con los requisitos establecidos en el Contrato.

CUADRO N° 4.1: Parámetro del caucho

| Propiedad | Valor | Método de ensayo y condiciones (BS 903-1) |
|--|-----------------------------------|--|
| Densidad | 1100 to 1300 kg/m ³ | Parte A26 Método N |
| Dureza (International RubberHardnessDegrees – IRHD) | < 72° | Parte A26 Método N |
| Resistencia a la tracción | > 16N/mm ² | Parte A2 |
| Elongación | > 350% | Parte A2 |
| Después del ensayo de envejecimiento acelerado: Dureza (increment de IRHD) Reducción de la resistencia a la tracción Reducción de la elongación | < 8° < 20% < 20% | Parte A19 Método A a 70°C x 96 horas |
| Resistencia a aceites (medido por el porcentaje de cambio de volumen) Combustible industrial Aceites pesados | ±60% ±20% | Parte A16 a 23°C x 22 horas |

Fuente: CONSULT-MAR

CONTINÚA CUADRO N° 4.1 (...)

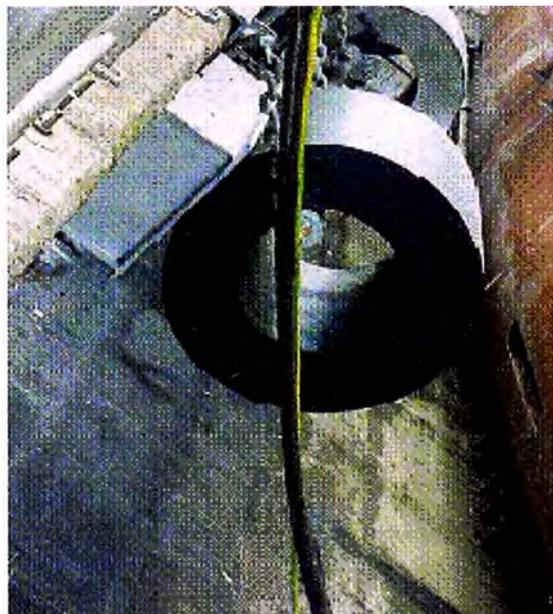
| Propiedad | Valor | Método de ensayo y condiciones (BS 903-1) |
|--|------------------------|---|
| Ensayo de compresión | < 30% | Parte A6 Método A a 70°C x 22 horas usando Tipo 2 piezas de ensayo. |
| Resistencia al ozono | Ninguna grieta visible | Parte A43 a 40°C x 100 horas |
| Resistencia al desgarró | > 60kN/m | Parte A3 Método C a 23°C |
| Resistencia a la abrasión (pérdida de volumen a 3000 revoluciones) | < 1500mm ³ | Parte A9 Método C |

Fuente: CONSULT-MAR

4.1.2. DEFENSAS CILÍNDRICAS HI-TECH (HCT)

Las defensas cilíndricas HI-TECH son las más comunes y están disponibles en varias combinaciones de largo y diámetro. Se utilizan para aplicaciones generales así como para protección de esquinas. Su instalación requiere de un arreglo de cadena/bracket en distintas posiciones dependiendo de la aplicación. Este tipo de instalación es una de las más simples entre los demás tipos de defensas marinas. (Ver Fig. N° 4.4)

FIGURA N° 4.4: Defensa cilíndricas Hi - Tech



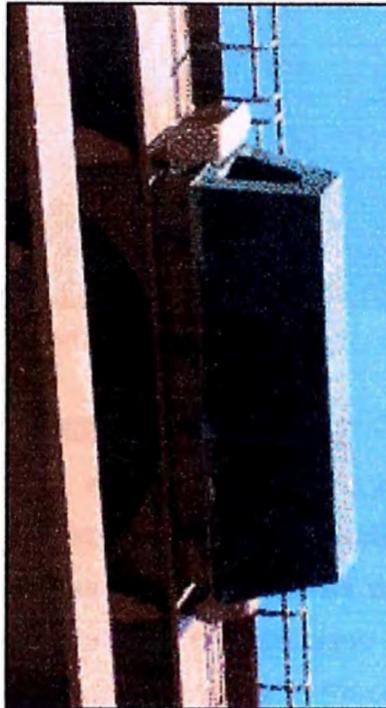
Fuente: CONSULT-MAR

4.1.3. DEFENSAS TRAPEZOIDALES HI-TECH (HTF)

El diseño de las defensas trapezoidales HI-TECH es muy compacto en comparación con las defensas AT y se prefieren en aplicaciones donde el espacio de montaje es el esencial. El largo de la defensa puede variar, en relación a los requerimientos de absorción de energía. (Ver Fig. N° 4.5)

La simplicidad en diseño asegura alto desempeño con una vida útil prolongada.

FIGURA N° 4.5: Defensas Trapezoidales Hi - Tech



Fuente: CONSULT-MAR

4.1.4. DEFENSAS CÓNICAS NOVA HI-TECH (HNC)

La sección cónica de estas defensas amortigua cargas angulares de atraque de hasta 10 grados sin presentar algún cambio en su capacidad de absorción de energía.

Soportan la acción cortante de cargas angulares por lo que tienen una durabilidad, fuerza y estabilidad prolongada. La característica de recorrido corto promueve rapidez en las operaciones de carga.

Estas defensas se instalan normalmente con un tablero frontal recubierto con polietileno de alto peso molecular (UHMWPE). (Ver Fig. N° 4.6)

FIGURA N° 4.6: Defensas Cónicas Nova Hi - Tech



Fuente: CONSULT-MAR

4.1.5. DEFENSAS CELULARES HI-TECH (HCF)

La sección cilíndrica hueca de estas defensas se pandea de manera radial y genera una dispersión multi direccional de la relativamente más alta energía absorbida con una fuerza de reacción baja. Estas defensas se instalan con un tablero frontal recubierto de polietileno de alto peso molecular (UHMWPE) para incrementar la superficie de contacto y reducir la fricción y presión superficial.

(Ver Fig. N° 4.7)

FIGURA N° 4.7: Defensas Celulares Hi - Tech



Fuente: CONSULT-MAR

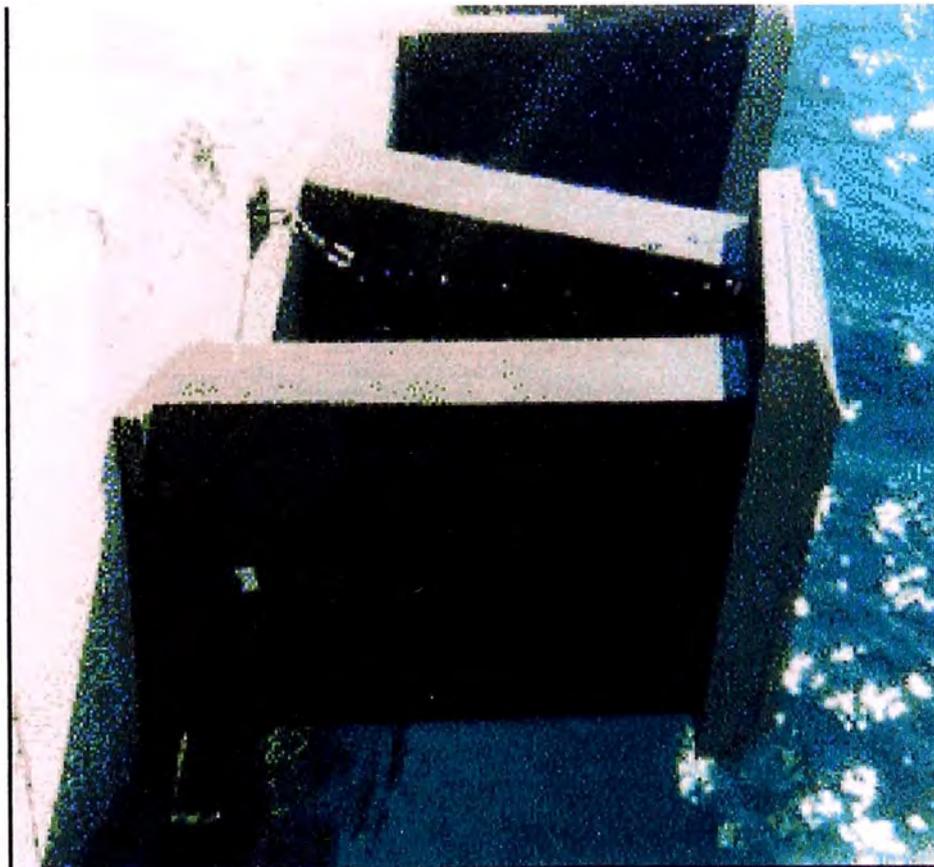
4.1.6. DEFENSAS TIPO Z HI-TECH (HZF)

Las defensas tipo Z HI-TECH tienen una sección de estructura económica y estable, con la posibilidad de modificar sus dimensiones para instalaciones modulares, satisfaciendo los requerimientos de los clientes. Su naturaleza es versátil y adaptable a una amplia gama de aplicaciones.

Poseen una alta resistencia a cargas cortantes y presentan una durabilidad excepcional a aplicaciones de cargas elevadas. Normalmente se instalan en pares con una placa de acero recubierta de polietileno de alto peso molecular (UHMWPE). (Ver Fig. N° 4.8)

Adicionalmente se puede aplicar el recubrimiento de UHMWPE directamente a la superficie de hule de la defensa para reducir problemas de corrosión del metal y facilitar su manejo.

FIGURA N° 4.8: Defensas Tipo Z Hi - Tech



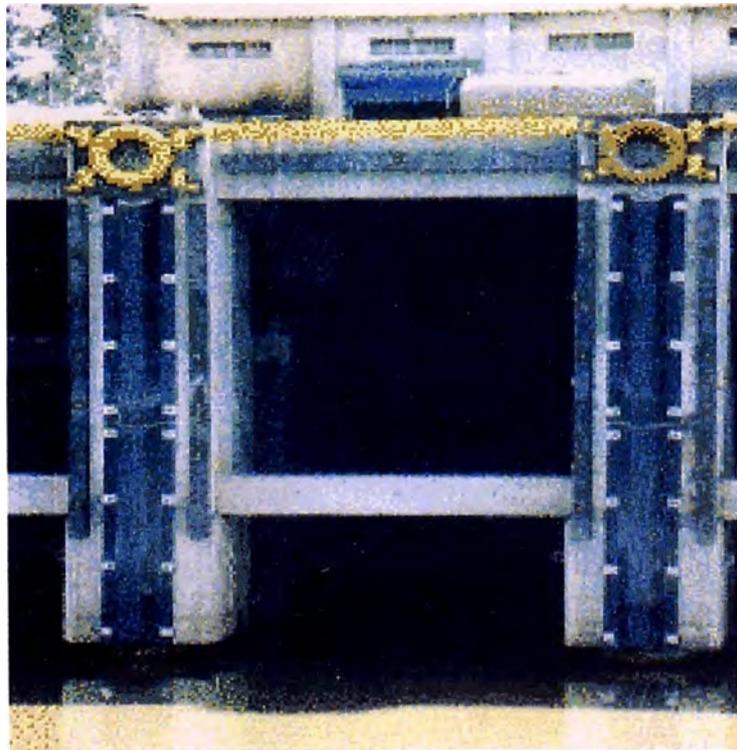
Fuente: CONSULT-MAR

4.1.7. DEFENSAS EXCEL AT HI-TECH (HXAT)

Las defensas EXCEL AT son un diseño improvisado de las defensas AT. Un panel frontal de acero con recubrimiento UHMWPE se fija a la cara de carga de la defensa. Esto reduce la fricción a la que está sometido el cuerpo de la defensa, reduciendo su desgaste. El panel frontal distribuye uniformemente la carga a lo largo de la defensa y le proporciona mayor seguridad a la misma contra cargas puntuales. (Ver Fig. N° 4.9)

Su diseño incrementa el ratio de absorción de energía por tener un área de contacto más grande, con mayor resistencia a cargas de corte estáticas y dinámicas.

FIGURA N° 4.9: Defensas Excel AT Hi - Tech



Fuente: CONSULT-MAR

4.1.8. DEFENSAS MT HI-TECH (HMT)

El diseño de las defensas MT HI-TECH es de los más eficientes entre la variedad de defensas sólidas para muelle en el mercado. La sección especial en forma de "M" permite una absorción de energía muy alta contra las fuerzas comparativas de reacción.

Tiene un área de contacto mayor que las defensas AT, lo que reduce la presión del casco. Además, su diseño distribuye la tensión en distintas direcciones para garantizar durabilidad. (Ver Fig. N° 4.10)

FIGURA N° 4.10: Defensas MT Hi - Tech



Fuente: CONSULT-MAR

4.1.9. DEFENSAS AT HI-TECH (HAT)

La virtud de las defensas AT es su bajo costo y excelente desempeño. Su diseño le proporciona una extraordinaria resistencia al corte en la mayoría de las aplicaciones.

El largo de la defensa puede variar, en relación a los requerimientos de absorción de energía. (Ver Fig. N° 4.11) Esto asegura alto desempeño con una vida útil prolongada.

FIGURA N° 4.11: Defensas AT Hi - Tech



Fuente: CONSULT-MAR

4.1.10. DEFENSAS DE PROTECCIÓN DE ESQUINAS

HI-TECH ha desarrollado un sistema de protección de esquinas basándose en sus propios diseños para cumplir esta función. La selección del tipo de defensa depende de la aplicación. Para la instalación del sistema se fabrican sujetadores especiales y se incorporan los cambios correspondientes para proteger las áreas vulnerables y esquinas del muelle. (Ver Fig. N° 4.1)

FIGURA N° 4.12: Defensas Protección de Esquinas



Fuente: CONSULT-MAR

4.1.11. Defensas Inflables

- ❖ Alta capacidad de sobrecarga, excelentes ante tormentas ó emergencias.
- ❖ Alta estabilidad ambiental, el material utilizado en las defensas es resistente a los efectos degradantes de productos químicos, petróleo, ozono y radiación UV.
- ❖ Flotación según el nivel de agua.
- ❖ Pueden ser montadas de modo que suban o bajen según la marea y estén siempre en contacto con el buque al nivel de la línea de flotación.
- ❖ Las defensas tienen una curva característica, referente a su absorción, transmisión-deflexión regularmente lineal.
- ❖ La fuerza aplicada al muelle es baja, aún en barcos de gran porte.

Características

Trama : 80 hilos por dm

Urdimbre: 156 hilos por dm

Carga de rotura: 125kg/cm de ancho

Cap. De despegue: 7kg

4.2 COSTOS DE COLOCAR LOS EQUIPOS DE PROTECCION

Para determinar los costos de equipar un muelle con los equipos de protección, es necesario conocer las especificaciones técnicas de los elementos que se van a colocar y esto lo hace el especialista, después de haber hecho los cálculos necesarios que le permitan determinar las fuerzas que deben soportar dichos elementos, es así que los principales parámetros que se indican para elegir un elemento de protección son, la fuerza de reacción entre la nave y el muelle, la energía que debe absorber el elemento y las dimensiones del panel que va ir en el elemento.

Algunos casos reales de presupuesto que una empresa del mercado peruano hizo, son los que a continuación se muestran en el cuadro N° 4.2 correspondiente al Muelle norte del Puerto del Callao, en Diciembre del 2010. Y en el cuadro N° 4.3 que se hizo para el Muelle del Puerto de Bayovar, en octubre del 2009.

CUADRO N° 4.2: Equipos de protección para el Muelle Norte del Puerto del Callao.

| Descripción | Cantidad | Costo/Unidad | Parcial |
|--|-----------------|---------------------|------------------|
| Protector Tipo MCN 1000-G2 Panel de 2450x1800mm | 12 | \$ 11000 | \$132000 |
| D-D 200x200x1500mm | 5 | \$ 450 | \$ 2250 |
| Bolardos MSH 100 | 10 | \$ 2000 | \$ 20000 |
| | | TOTAL | \$ 154250 |

Fuente: CONSULT-MAR S.R.L.

CUADRO N° 4.3: Equipos de protección para el Muelle del Puerto de Bayovar.

| Descripción | Cantidad | Costo/Unidad | Parcial |
|--|-----------------|---------------------|------------------|
| Protector Tipo MCN 1400-G2.4 Panel de 2200x4240mm | 12 | \$ 27000 | \$324000 |
| Bolardos SB 100-5 para 100m | 10 | \$ 2900 | \$ 29000 |
| | | TOTAL | \$ 353000 |

Fuente: CONSULT-MAR S.R.L.

CUADRO N° 4.4: Equipos de protección propuesto para el Muelle 1 del TPS

| Descripción | Cantidad | Costo/Unidad | Parcial |
|--|-----------------|---------------------|------------------|
| Protector Tipo MCN 1000-G2 Panel de 2450x1800mm | 12 | \$ 11000 | \$132000 |
| D-D 200x200x1500mm | 4 | \$ 450 | \$ 1800 |
| Bolardos MSH 100 | 8 | \$ 2000 | \$ 16000 |
| | | TOTAL | \$ 149800 |

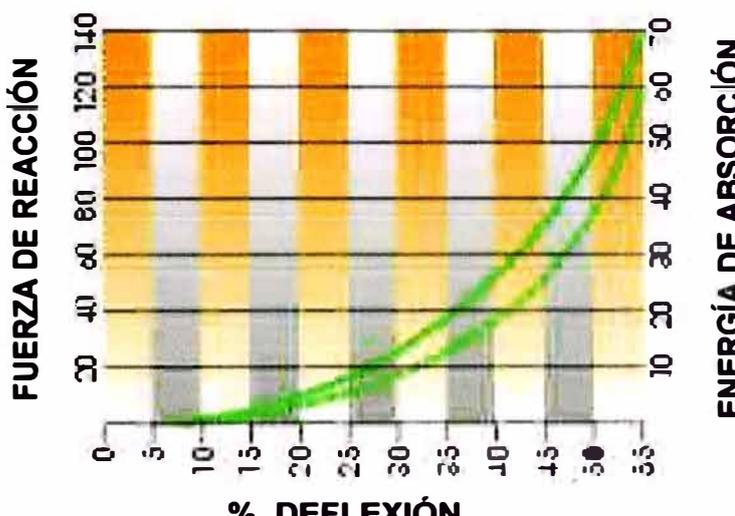
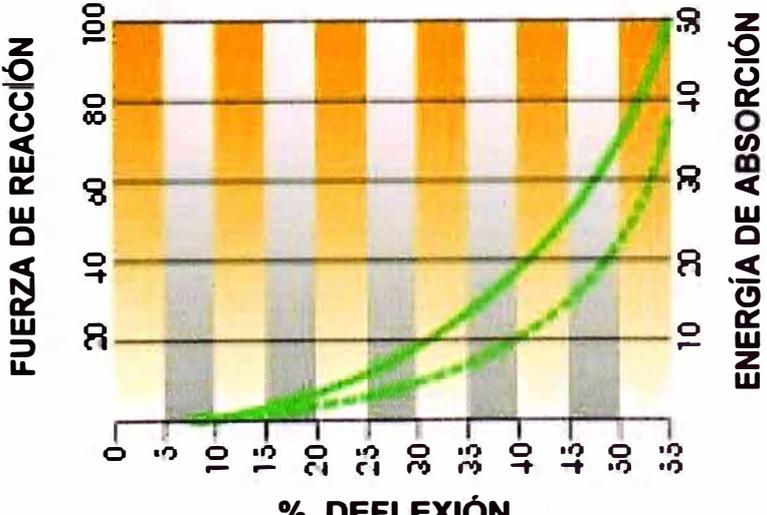
Fuente: CONSULT-MAR S.R.L.

Este costo de materiales (Ver cuadro N° 4.4) representa más o menos el 60% del costo total Considerando que la Mano de Obra representa el 40% del costo total se tendría la suma de \$ 99 866.67 dólares, además de ello estos costos no incluyen los gastos de Aduanas, considerando un 20% del costo total se tiene \$ 49 933.33 dólares lo cual hace un total de \$ 299 600 dólares.

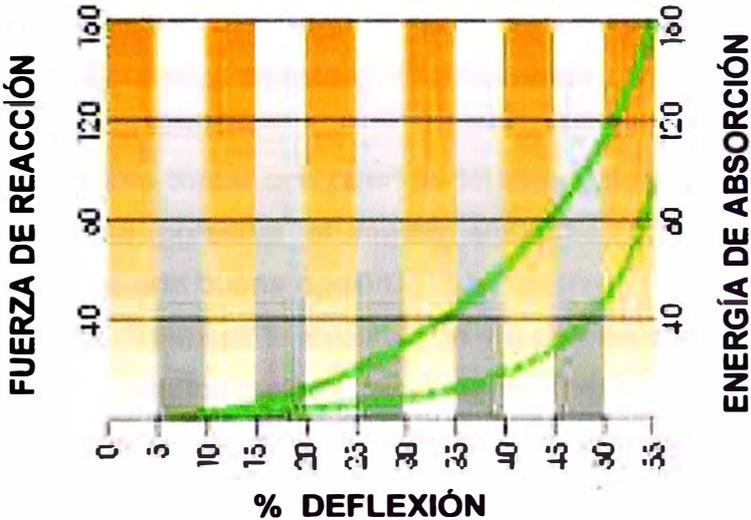
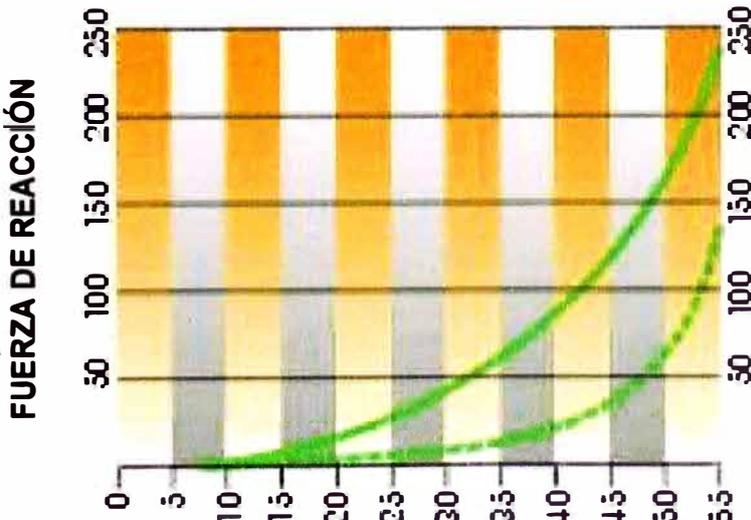
CUADRO N° 4.5: Diferentes medidas-Energía y Peso

| Medidas (nominales a 10%) | Energía de absorción(Tn/m) | Fuerza de reacción (Ton) | Peso c/malla |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------|
| 1 m. diámetro x 1,5 m. largo | 2,4 | 14,0 | 230 |
| | | | |
| 2 m. diámetro x 3,5 m. largo | 23,3 | 67,4 | 1070 |
| | | | |

CONTINÚA CUADRO N° 4.5 (...)

| Medidas (nominales a 10%) | Energía de absorción(Tn/m) | Fuerza de reacción (Ton) | Peso c/malla |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 2,2 m. diámetro x 4,5 m. largo | 37,5 | 98,5 | 1440 |
|  <p>The graph shows two curves: a solid green line for Force of Reaction (left y-axis, 0-140) and a dashed green line for Energy of Absorption (right y-axis, 0-70). The x-axis is % Deflection (0-55). Both curves show an exponential increase as deflection increases.</p> | | | |
| 2,5 m. diámetro x 5,5 m. largo | 60,1 | 139,0 | 2100 |
|  <p>The graph shows two curves: a solid green line for Force of Reaction (left y-axis, 0-100) and a dashed green line for Energy of Absorption (right y-axis, 0-50). The x-axis is % Deflection (0-55). Both curves show an exponential increase as deflection increases.</p> | | | |

CONTINÚA CUADRO Nº 4.5 (...)

| Medidas (nominales a 10%) | Energía de absorción(Tn/m) | Fuerza de reacción (Ton) | Peso c/malla |
|---|-------------------------------|-----------------------------|--------------|
| 3,3 m. diámetro x 5,5 m. largo | 98,0 | 165,0 | 3990 |
|  <p>The graph shows two curves: a solid green line for Force of Reaction (left y-axis, 0-160) and a dashed green line for Energy of Absorption (right y-axis, 0-100). The x-axis is % Deflection (0-55). The Force of Reaction curve rises to approximately 165 at 55% deflection. The Energy of Absorption curve rises to approximately 98 at 55% deflection.</p> | | | |
| 3,3 m. diámetro x 6,5 m. largo | 139,0 | 244,0 | 4200 |
|  <p>The graph shows two curves: a solid green line for Force of Reaction (left y-axis, 0-250) and a dashed green line for Energy of Absorption (right y-axis, 0-250). The x-axis is % Deflection (0-55). The Force of Reaction curve rises to approximately 244 at 55% deflection. The Energy of Absorption curve rises to approximately 139 at 55% deflection.</p> | | | |

CONCLUSIONES

- Después de haber desarrollado el presente informe se ha determinado que implementar el muelle 1 del Terminal Portuario de Salaverry dotándola de una faja encapsulada tubular de 400mm de diámetro con una longitud aproximada de 1000m y equipos de protección adecuada para el muelle, se estima que **costaría \$23 149 600 Dólares.**
- Existe la necesidad de llevar a cabo el equipamiento del Terminal portuario de Salaverry, puesto que la demanda por parte de los clientes potenciales es inminente.
- Es imprescindible contar con puertos dotados de equipamiento moderno, con lo cual se preserve el medio ambiente, principalmente la faja encapsulada es una buena opción.
- Es importante dinamizar la exportación y a precios competitivos eso hará que los demás puertos también busquen su desarrollo dando lugar a que exportar sea cada vez más económico y la actividad portuaria sea un engranaje que mueva la Economía del país, logrando mayores expectativas, fuentes de empleo y desarrollo en las áreas de influencia de cada puerto.
- La inversión lo debe hacer el Gobierno pero con un manejo adecuado, que asegure su funcionalidad en el tiempo, generando desarrollo para el país.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda poner en marcha el equipamiento del Terminal Portuario de Salaverry, puesto que más que un tema económico es cuestión de decisión de a quienes le corresponde poner en marcha el proceso de desarrollo del Puerto de Salaverry
- Se recomienda también que para una evaluación real de los equipos de protección que requiere el muelle del Puerto de Salaverry es necesario hacer una visita in situ y tomar las medidas reales a fin de equipar el muelle con la cantidad necesaria y suficiente de elementos de defensa, de la misma forma que la longitud real de la faja encapsulada que dependerá de la ubicación exacta de los almacenes de concentrados y la ubicación exacta del Shiploader.
- Se recomienda tomar este informe como un referente más no como una guía 100% a seguir pues los datos consignados no han sido tomados in situ, ni elaborado con un trabajo de campo, lo cual arroja resultados no muy exactos, pues sí las descripciones de los elementos propiamente que son temas del informe como la faja encapsulada y los equipos de protección si tiene la veracidad de ser lo que se encuentran actualmente disponibles en el Mercado (ver anexos – datos).

BIBLIOGRAFÍA

Cañamero Gálvez, Carlos Enrique, Obras interiores en puertos, cálculos de muelles para acoderamiento de buques. Tesis UNI – FIC, Perú 1970.

Enciso Aycho, Alcides B. Diseño, construcción y explotación de muelles para acoderamiento de buques. Tesis UNI – FIC, Perú 1972.

Pérez Renteros, Víctor Hugo, Mejoramiento en las instalaciones portuarias – Muelles San Nicolás, Tesis UNI – FIC, Perú 1995.

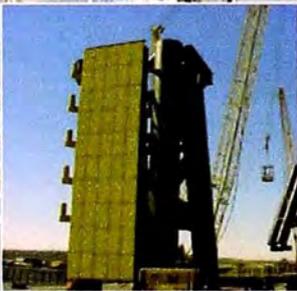
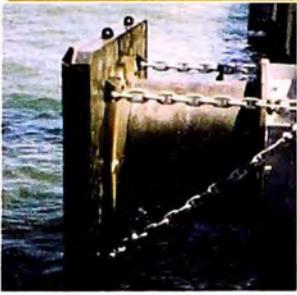
www.mtc.gob.pe

www.enapu.gob.pe

ANEXOS

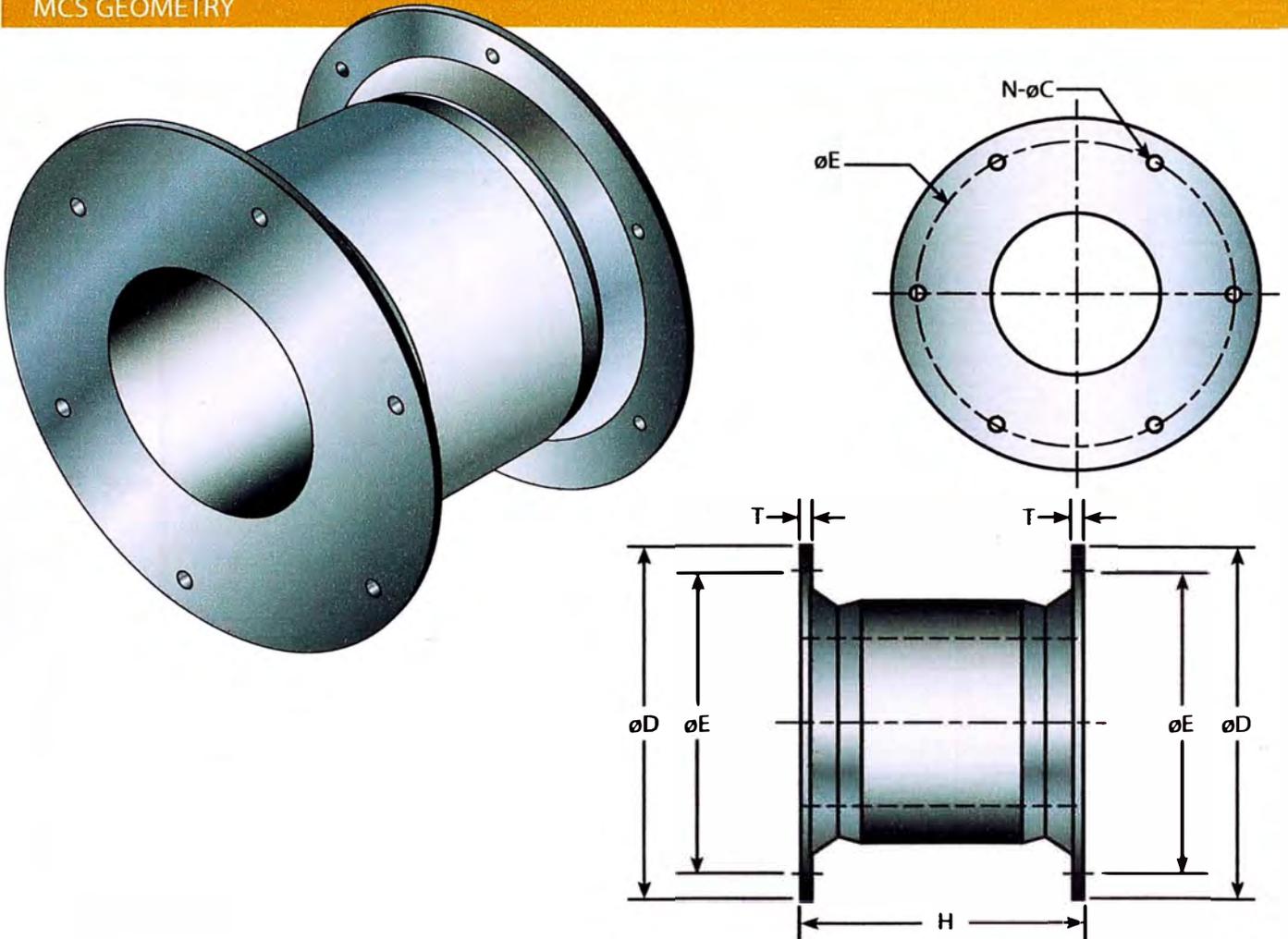
MCS CELL FENDERS

Maritime International's MCS Cell fender is the most commonly used fender in the industry. It is unmatched in durability and reliability and has proven itself over decades of service. MCS fenders are available in the widest range of sizes of any fender type. The large mounting flanges serve to distribute the fender load over the back of the fender panel frame and allows easy installation of the mounting bolts.



MCS CELL FENDERS

MCS GEOMETRY

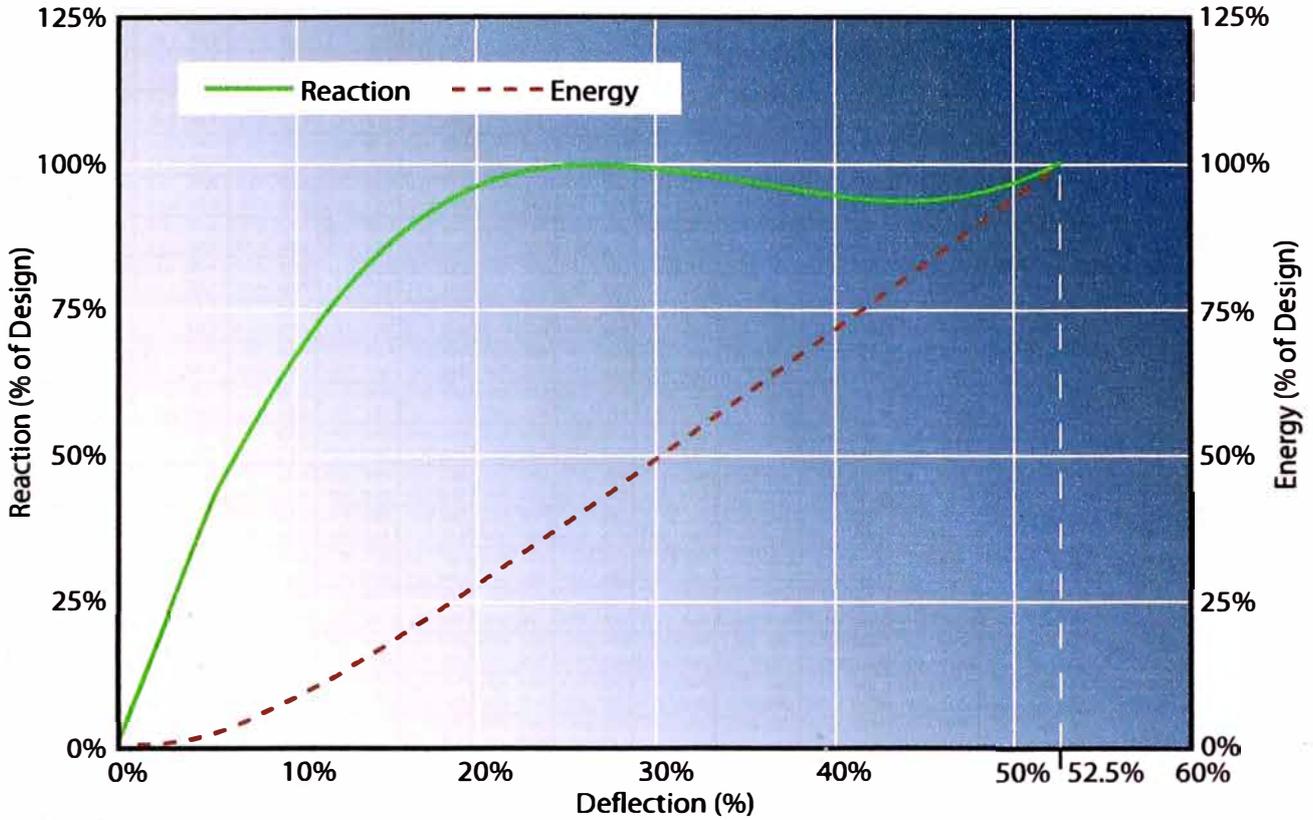


MCS DIMENSIONS

| Model | H | | ϕD | | ϕE PCD | | T | | N- ϕC | | Bolt Size | |
|---------|------|------|----------|-------|--------------|-------|----|------|-------------|---------|-----------|-------|
| | mm | in | mm | in | mm | in | mm | in | mm | in | mm | in |
| MCS500 | 500 | 19.7 | 650 | 25.6 | 550 | 21.7 | 25 | 0.98 | 4-32 | 4-1.26 | M24 | 7/8 |
| MCS630 | 630 | 24.8 | 840 | 33.1 | 700 | 27.6 | 30 | 1.18 | 4-39 | 4-1.54 | M30 | 1-1/8 |
| MCS800 | 800 | 31.5 | 1050 | 41.3 | 900 | 35.4 | 30 | 1.18 | 6-40 | 6-1.57 | M30 | 1-1/8 |
| MCS1000 | 1000 | 39.4 | 1300 | 51.2 | 1100 | 43.3 | 35 | 1.38 | 6-47 | 6-1.85 | M36 | 1-3/8 |
| MCS1150 | 1150 | 45.3 | 1500 | 59.1 | 1300 | 51.2 | 40 | 1.57 | 6-50 | 6-1.97 | M42 | 1-3/4 |
| MCS1250 | 1250 | 49.2 | 1650 | 65.0 | 1450 | 57.1 | 45 | 1.77 | 6-53 | 6-2.09 | M42 | 1-3/4 |
| MCS1450 | 1450 | 57.1 | 1850 | 72.8 | 1650 | 65.0 | 47 | 1.85 | 6-61 | 6-2.40 | M52 | 2 |
| MCS1600 | 1600 | 63.0 | 2000 | 78.7 | 1800 | 70.9 | 52 | 2.05 | 8-61 | 8-2.40 | M48 | 2 |
| MCS1700 | 1700 | 66.9 | 2100 | 82.7 | 1900 | 74.8 | 55 | 2.17 | 8-66 | 8-2.60 | M56 | 2-1/4 |
| MCS2000 | 2000 | 78.7 | 2200 | 86.6 | 2000 | 78.7 | 55 | 2.17 | 8-74 | 8-2.91 | M64 | 2-1/2 |
| MCS2250 | 2250 | 88.6 | 2550 | 100.0 | 2300 | 90.6 | 60 | 2.36 | 10-74 | 10-2.91 | M64 | 2-1/2 |
| MCS2500 | 2500 | 98.4 | 2950 | 116.0 | 2700 | 106.0 | 70 | 2.76 | 10-74 | 10-2.91 | M64 | 2-1/2 |

Other sizes available. Dimensions are subject to change. Verify current dimensions with Maritime when ordering any fender.

MCS GENERALIZED PERFORMANCE CURVE



Intermediate grades can be interpolated from standard grades

MCS PERFORMANCE

| Model | Standard Rubber Grades | | | | | | | | | | | | Weight (kg) (lbs) | | | | | | | | | |
|----------|------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|------|------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | G4 | | G3 | | G2 | | G1 | | G0 | | | | | | | | | | | | | |
| | R kN kips | E kN-m ft-kips | R kN kips | E kN-m ft-kips | R kN kips | E kN-m ft-kips | R kN kips | E kN-m ft-kips | R kN kips | E kN-m ft-kips | | | | | | | | | | | | |
| MCS 500 | 182 | 40.9 | 40.2 | 29.6 | 162 | 36.4 | 35.6 | 26.2 | 140 | 31.5 | 30.1 | 22.2 | 108 | 24.3 | 23.4 | 17.2 | 86.3 | 19.4 | 17.8 | 13.1 | 110 | 243 |
| MCS 630 | 290 | 65.2 | 80.4 | 59.3 | 258 | 58.0 | 71.6 | 52.8 | 224 | 50.4 | 61.7 | 45.5 | 172 | 38.7 | 47 | 34.7 | 138 | 31.0 | 38.2 | 28.2 | 235 | 518 |
| MCS 800 | 464 | 104 | 163 | 120 | 412 | 92.6 | 145 | 107 | 355 | 79.8 | 125 | 92.1 | 275 | 61.8 | 96 | 70.8 | 211 | 47.4 | 74.5 | 54.9 | 410 | 904 |
| MCS 1000 | 737 | 166 | 324 | 239 | 655 | 147 | 287 | 212 | 567 | 127 | 249 | 184 | 436 | 98.0 | 191 | 141 | 349 | 78.5 | 153 | 113 | 805 | 1775 |
| MCS 1150 | 975 | 219 | 492 | 363 | 865 | 194 | 437 | 322 | 750 | 169 | 379 | 279 | 578 | 130 | 291 | 214 | 462 | 104 | 233 | 172 | 1223 | 2697 |
| MCS 1250 | 1153 | 259 | 632 | 466 | 1022 | 230 | 561 | 413 | 886 | 199 | 486 | 358 | 682 | 153 | 374 | 276 | 546 | 123 | 299 | 220 | 1490 | 3285 |
| MCS 1450 | 1551 | 349 | 987 | 727 | 1376 | 309 | 876 | 646 | 1193 | 268 | 760 | 560 | 918 | 206 | 585 | 431 | 735 | 165 | 468 | 345 | 2330 | 5138 |
| MCS 1600 | 1888 | 424 | 1326 | 977 | 1676 | 377 | 1177 | 867 | 1453 | 327 | 1020 | 752 | 1117 | 251 | 786 | 579 | 894 | 201 | 628 | 463 | 3020 | 6659 |
| MCS 1700 | 2131 | 479 | 1591 | 1173 | 1892 | 425 | 1413 | 1041 | 1640 | 369 | 1224 | 902 | 1262 | 284 | 941 | 694 | 1009 | 227 | 753 | 555 | 3730 | 8225 |
| MCS 2000 | 2941 | 661 | 2591 | 1910 | 2619 | 589 | 2300 | 1695 | 2270 | 510 | 1994 | 1470 | 1746 | 393 | 1534 | 1131 | 1398 | 314 | 1227 | 904 | 5023 | 11076 |
| MCS 2250 | 4145 | 932 | 4095 | 3018 | 3679 | 827 | 3628 | 2674 | 3188 | 717 | 3150 | 2322 | 2454 | 552 | 2424 | 1786 | 2085 | 469 | 2060 | 1518 | 7410 | 16339 |
| MCS 2500 | 5118 | 1151 | 5618 | 4140 | 4543 | 1021 | 4987 | 3675 | 3937 | 885 | 4322 | 3185 | 3028 | 681 | 3325 | 2451 | 2574 | 579 | 2826 | 2083 | 10750 | 23704 |

R = reaction E = energy Values shown are for standard 52.5% deflection Maximum deflection = 55% R = 106% E = 106% Tolerance = +/- 10%

MCS INTERMEDIATE RUBBER GRADES

| Grade | Unit | MCS 500 | | MCS 630 | | MCS 800 | | MCS 1000 | | MCS 1150 | | MCS 1250 | | MCS 1450 | | MCS 1600 | | MCS 1700 | | MCS 2000 | | MCS 2250 | | MCS 2500 | | |
|-------|------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----|
| | | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN | ft-lb | kN |
| G0 | R | 86.3 | 19.4 | 138 | 31.0 | 211 | 47.4 | 349 | 78.5 | 462 | 104 | 546 | 123 | 735 | 165 | 894 | 201 | 1009 | 227 | 1398 | 314 | 2085 | 469 | 2574 | 579 | |
| | E | 17.8 | 13.1 | 38.2 | 28.2 | 74.5 | 54.9 | 153 | 113 | 233 | 172 | 299 | 220 | 468 | 345 | 628 | 463 | 753 | 555 | 1227 | 904 | 2060 | 1518 | 2826 | 2083 | |
| G0.1 | R | 88.5 | 19.9 | 141 | 31.8 | 217 | 48.9 | 358 | 80.4 | 474 | 106 | 560 | 126 | 753 | 169 | 916 | 206 | 1034 | 233 | 1433 | 322 | 2122 | 477 | 2619 | 589 | |
| | E | 18.4 | 13.5 | 39.1 | 28.8 | 76.7 | 56.5 | 157 | 116 | 239 | 176 | 307 | 226 | 480 | 354 | 644 | 474 | 772 | 569 | 1258 | 927 | 2096 | 1545 | 2876 | 2120 | |
| G0.2 | R | 90.6 | 20.4 | 145 | 32.6 | 224 | 50.3 | 366 | 82.4 | 485 | 109 | 573 | 129 | 772 | 173 | 939 | 211 | 1060 | 238 | 1468 | 330 | 2159 | 485 | 2665 | 599 | |
| | E | 18.9 | 13.9 | 40.0 | 29.5 | 78.8 | 58.1 | 161 | 118 | 245 | 180 | 314 | 231 | 491 | 362 | 660 | 486 | 791 | 583 | 1288 | 950 | 2133 | 1572 | 2926 | 2156 | |
| G0.3 | R | 92.8 | 20.9 | 148 | 33.3 | 230 | 51.8 | 375 | 84.3 | 497 | 112 | 587 | 132 | 790 | 178 | 961 | 216 | 1085 | 244 | 1502 | 338 | 2196 | 494 | 2710 | 609 | |
| | E | 19.5 | 14.4 | 40.8 | 30.1 | 81.0 | 59.7 | 164 | 121 | 250 | 185 | 322 | 237 | 503 | 371 | 675 | 498 | 809 | 597 | 1319 | 972 | 2169 | 1599 | 2976 | 2193 | |
| G0.4 | R | 95.0 | 21.4 | 152 | 34.1 | 237 | 53.2 | 384 | 86.3 | 508 | 114 | 600 | 135 | 808 | 182 | 983 | 221 | 1110 | 250 | 1537 | 346 | 2233 | 502 | 2756 | 620 | |
| | E | 20.0 | 14.8 | 41.7 | 30.7 | 83.1 | 61.2 | 168 | 124 | 256 | 189 | 329 | 242 | 515 | 379 | 691 | 509 | 828 | 610 | 1350 | 995 | 2206 | 1626 | 3026 | 2230 | |
| G0.5 | R | 97.2 | 21.8 | 155 | 34.8 | 243 | 54.6 | 393 | 88.2 | 520 | 117 | 614 | 138 | 827 | 186 | 1006 | 226 | 1136 | 255 | 1572 | 353 | 2270 | 510 | 2801 | 630 | |
| | E | 20.6 | 15.2 | 42.6 | 31.4 | 85.3 | 62.8 | 172 | 127 | 262 | 193 | 337 | 248 | 527 | 388 | 707 | 521 | 847 | 624 | 1381 | 1017 | 2242 | 1652 | 3076 | 2267 | |
| G0.6 | R | 99.3 | 22.3 | 158 | 35.6 | 249 | 56.1 | 401 | 90.2 | 532 | 120 | 628 | 141 | 845 | 190 | 1028 | 231 | 1161 | 261 | 1607 | 361 | 2306 | 519 | 2846 | 640 | |
| | E | 21.2 | 15.6 | 43.5 | 32.0 | 87.4 | 64.4 | 176 | 130 | 268 | 197 | 344 | 254 | 538 | 397 | 723 | 533 | 866 | 638 | 1411 | 1040 | 2278 | 1679 | 3125 | 2303 | |
| G0.7 | R | 101 | 22.8 | 162 | 36.4 | 256 | 57.5 | 410 | 92.2 | 543 | 122 | 641 | 144 | 863 | 194 | 1050 | 236 | 1186 | 267 | 1642 | 369 | 2343 | 527 | 2892 | 650 | |
| | E | 21.7 | 16.0 | 44.4 | 32.7 | 89.6 | 66.0 | 180 | 132 | 274 | 202 | 352 | 259 | 550 | 405 | 739 | 544 | 885 | 652 | 1442 | 1063 | 2315 | 1706 | 3175 | 2340 | |
| G0.8 | R | 104 | 23.3 | 165 | 37.1 | 262 | 58.9 | 419 | 94.1 | 555 | 125 | 655 | 147 | 881 | 198 | 1072 | 241 | 1211 | 272 | 1676 | 377 | 2380 | 535 | 2937 | 660 | |
| | E | 22.3 | 16.4 | 45.2 | 33.3 | 91.7 | 67.6 | 183 | 135 | 279 | 206 | 359 | 265 | 562 | 414 | 754 | 556 | 903 | 666 | 1473 | 1085 | 2351 | 1733 | 3225 | 2377 | |
| G0.9 | R | 106 | 23.8 | 169 | 37.9 | 269 | 60.4 | 427 | 96.1 | 566 | 127 | 668 | 150 | 900 | 202 | 1095 | 246 | 1237 | 278 | 1711 | 385 | 2417 | 543 | 2983 | 671 | |
| | E | 22.8 | 16.8 | 46.1 | 34.0 | 93.9 | 69.2 | 187 | 138 | 285 | 210 | 367 | 270 | 573 | 423 | 770 | 568 | 922 | 680 | 1503 | 1108 | 2388 | 1760 | 3275 | 2414 | |
| G1 | R | 108 | 24.3 | 172 | 38.7 | 275 | 61.8 | 436 | 98.0 | 578 | 130 | 682 | 153 | 918 | 206 | 1117 | 251 | 1262 | 284 | 1746 | 393 | 2454 | 552 | 3028 | 681 | |
| | E | 23.4 | 17.2 | 47.0 | 34.6 | 96.0 | 70.8 | 191 | 141 | 291 | 214 | 374 | 276 | 585 | 431 | 786 | 579 | 941 | 694 | 1534 | 1131 | 2424 | 1786 | 3325 | 2451 | |
| G1.1 | R | 111 | 25.0 | 177 | 39.8 | 283 | 63.6 | 449 | 101 | 595 | 134 | 702 | 158 | 946 | 213 | 1151 | 259 | 1300 | 292 | 1798 | 404 | 2527 | 568 | 3119 | 701 | |
| | E | 24.1 | 17.7 | 48.5 | 35.7 | 98.9 | 72.9 | 197 | 145 | 300 | 221 | 385 | 284 | 603 | 444 | 809 | 597 | 969 | 714 | 1580 | 1164 | 2497 | 1840 | 3425 | 2524 | |
| G1.2 | R | 114 | 25.7 | 182 | 41.0 | 291 | 65.4 | 462 | 104 | 612 | 138 | 723 | 163 | 973 | 219 | 1184 | 266 | 1338 | 301 | 1851 | 416 | 2601 | 585 | 3210 | 722 | |
| | E | 24.7 | 18.2 | 49.9 | 36.8 | 102 | 75.0 | 203 | 149 | 309 | 227 | 396 | 292 | 620 | 457 | 833 | 614 | 998 | 735 | 1626 | 1198 | 2569 | 1894 | 3524 | 2597 | |
| G1.3 | R | 118 | 26.4 | 188 | 42.2 | 299 | 67.2 | 475 | 107 | 630 | 142 | 743 | 167 | 1001 | 225 | 1218 | 274 | 1375 | 309 | 1903 | 428 | 2674 | 601 | 3301 | 742 | |
| | E | 25.4 | 18.7 | 51.4 | 37.9 | 105 | 77.2 | 208 | 154 | 317 | 234 | 408 | 300 | 638 | 470 | 856 | 631 | 1026 | 756 | 1672 | 1232 | 2642 | 1947 | 3624 | 2671 | |
| G1.4 | R | 121 | 27.2 | 193 | 43.3 | 307 | 69.0 | 488 | 110 | 647 | 145 | 764 | 172 | 1028 | 231 | 1251 | 281 | 1413 | 318 | 1956 | 440 | 2748 | 618 | 3392 | 763 | |
| | E | 26.1 | 19.2 | 52.9 | 39.0 | 108 | 79.3 | 214 | 158 | 326 | 240 | 419 | 309 | 655 | 483 | 880 | 648 | 1054 | 777 | 1718 | 1266 | 2714 | 2001 | 3724 | 2744 | |
| G1.5 | R | 124 | 27.9 | 198 | 44.5 | 315 | 70.8 | 502 | 113 | 664 | 149 | 784 | 176 | 1056 | 237 | 1285 | 289 | 1451 | 326 | 2008 | 451 | 2821 | 634 | 3483 | 783 | |
| | E | 26.8 | 19.7 | 54.4 | 40.1 | 111 | 81.4 | 220 | 162 | 335 | 247 | 430 | 317 | 673 | 496 | 903 | 666 | 1083 | 798 | 1764 | 1300 | 2787 | 2054 | 3824 | 2818 | |
| G1.6 | R | 127 | 28.6 | 203 | 45.7 | 323 | 72.6 | 515 | 116 | 681 | 153 | 804 | 181 | 1083 | 243 | 1319 | 296 | 1489 | 335 | 2060 | 463 | 2894 | 651 | 3573 | 803 | |
| | E | 27.4 | 20.2 | 55.8 | 41.1 | 113 | 83.6 | 226 | 166 | 344 | 253 | 441 | 325 | 690 | 509 | 926 | 683 | 1111 | 819 | 1810 | 1334 | 2860 | 2108 | 3923 | 2891 | |
| G1.7 | R | 130 | 29.3 | 208 | 46.9 | 331 | 74.4 | 528 | 119 | 698 | 157 | 825 | 185 | 1111 | 250 | 1352 | 304 | 1527 | 343 | 2113 | 475 | 2968 | 667 | 3664 | 824 | |
| | E | 28.1 | 20.7 | 57.3 | 42.2 | 116 | 85.7 | 232 | 171 | 353 | 260 | 452 | 333 | 708 | 521 | 950 | 700 | 1139 | 840 | 1856 | 1368 | 2932 | 2161 | 4023 | 2965 | |
| G1.8 | R | 134 | 30.0 | 214 | 48.0 | 339 | 76.2 | 541 | 122 | 716 | 161 | 845 | 190 | 1138 | 256 | 1386 | 312 | 1564 | 352 | 2165 | 487 | 3041 | 684 | 3755 | 844 | |
| | E | 28.8 | 21.2 | 58.8 | 43.3 | 119 | 87.9 | 237 | 175 | 361 | 266 | 464 | 342 | 725 | 534 | 973 | 717 | 1167 | 860 | 1902 | 1402 | 3005 | 2215 | 4123 | 3038 | |
| G1.9 | R | 137 | 30.8 | 219 | 49.2 | 347 | 78.0 | 554 | 125 | 733 | 165 | 866 | 195 | 1166 | 262 | 1419 | 319 | 1602 | 360 | 2218 | 499 | 3115 | 700 | 3846 | 865 | |
| | E | 29.4 | 21.7 | 60.2 | 44.4 | 122 | 90.0 | 243 | 179 | 370 | 273 | 475 | 350 | 743 | 547 | 997 | 734 | 1196 | 881 | 1948 | 1436 | 3077 | 2268 | 4222 | 3112 | |
| G2 | R | 140 | 31.5 | 224 | 50.4 | 355 | 79.8 | 567 | 127 | 750 | 169 | 886 | 199 | 1193 | 268 | 1453 | 327 | 1640 | 369 | 2270 | 510 | 3188 | 717 | 3937 | 885 | |
| | E | 30.1 | 22.2 | 61.7 | 45.5 | 125 | 92.1 | 249 | 184 | 379 | 279 | 486 | 358 | 760 | 560 | 1020 | 752 | 1224 | 902 | 1994 | 1470 | 3150 | 2322 | 4322 | 3185 | |
| G2.1 | R | 142 | 32.0 | 227 | 51.1 | 361 | 81.1 | 576 | 129 | 762 | 171 | 900 | 202 | 1211 | 272 | 1475 | 332 | 1665 | 374 | 2305 | 518 | 3237 | 728 | 3998 | 899 | |
| | E | 30.7 | 22.6 | 62.7 | 46.2 | 127 | 93.6 | 253 | 186 | 385 | 284 | 494 | 364 | 772 | 569 | 1036 | 763 | 1243 | 916 | 2025 | 1492 | 3198 | 2357 | 4389 | 3234 | |
| G2.2 | R | 144 | 32.5 | 231 | 51.9 | 366 | 82.4 | 585 | 131 | 773 | 174 | 913 | 205 | 1230 | 276 | 1498 | 337 | 1690 | 380 | 2340 | 526 | 3286 | 739 | 4058 | 912 | |
| | E | 31.2 | 23.0 | 63.7 | 46.9 | 129 | 95.1 | 257 | 189 | 391 | 288 | 501 | 369 | 783 | 577 | 1051 | 775 | 1262 | 930 | 2055 | 1515 | 3246 | 2392 | 4455 | 3283 | |
| G2.3 | R | 147 | 33.0 | 234 | 52.7 | 372 | 83.7 | 593 | 133 | 785 | 176 | 927 | 208 | 1248 | 281 | 1520 | 342 | 1716 | 386 | 2375 | 534 | 3335 | 750 | 4119 | 926 | |
| | E | 31.8 | 23.4 | 64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CONSULT-MAR S.R.L.

Contralmirante Villar 706-201 Miraflores - Perú

Tel 421-4539 Fax 421-5743

E-Mail info@consultmar.com www.consultmar.com

Establecida en 1981 como proveedores marinos e industriales

EQUIPOS PARA CONSTRUCCIONES Y OPERACIONES PORTUARIAS

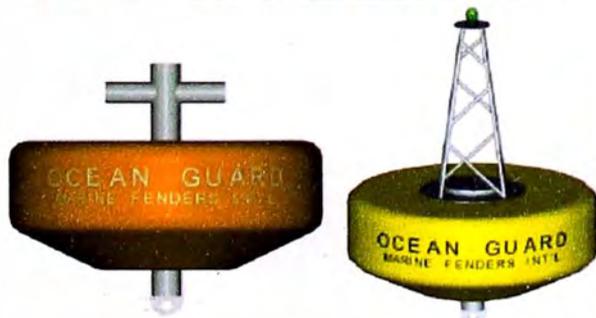
Defensas fijas con panel frontal UHMW-PE



Defensas tubulares cilíndricas, tipo DO, DD, otras de secciones especiales

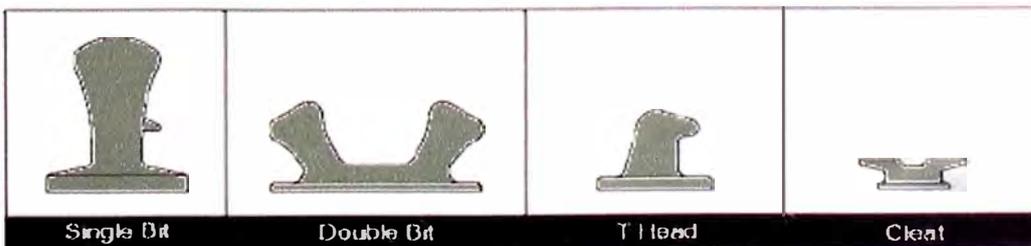


Defensas flotantes con y sin llantas de protección



Boyas
diversas

Defensas de
pilotes



Bolardos, bitas simples, dobles, cornamuzas, anclajes.

CONSULT-MAR S.R.L.

Contralmirante Villar 706-201 Miraflores - Perú

Tel 421-4539 Fax 421-5743

E-Mail info@consultmar.com www.consultmar.com

Establecida en 1981 como proveedores marinos e industriales

Equipamiento para puertos... (sigue pag 2)

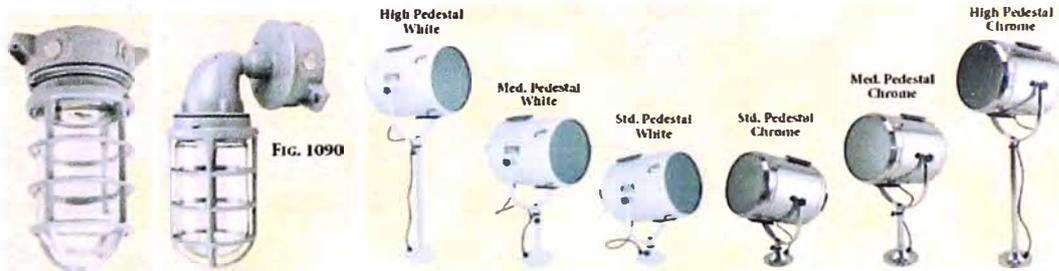


Anclajes
Cadenas
Ganchos de escape rápido
Luces de balizaje y boyas

Luces de señalización náutica



Luces para ambientes marinos y reflectores



Monitores y Accesorios Contraincendio



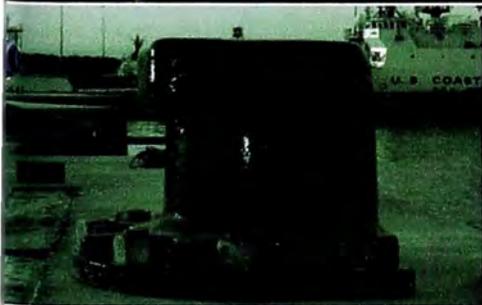
Stvlo 2681



Style 260

STYLE 3471
Shown with
Style 3488
Discharge Pipe
& Style 489 Tip





MOORING BOLLARDS



MARITIME
International

INTRODUCTION

Maritime International is a leading manufacturer of marine bollards and cleats worldwide. Our range of bollards and cleats is unsurpassed by any other manufacturer or supplier. Maritime can provide many of the most popular "legacy" style bollards, optimized bollards, or cast any new style to meet custom requirements. It is Maritime's mission to provide the bollards or cleats our customers require, and not just what we offer.

Maritime International began designing and manufacturing mooring bollards over ten years ago with the philosophy to supply the highest quality products backed by reliable engineering and testing. Numerous suppliers of marine bollards in the market consider only the commercial aspects of the product. Maritime's ability to consider technical and commercial considerations collectively is what has made our company unique. Our customers rely on mooring bollards and cleats to perform as expected, and it is our experience, technical expertise, and integrity which provides this assurance.

Contained within this catalog are the details of our latest bollard and cleat designs, a reference to our "legacy" bollards, which are still available, and general technical information regarding the selection and installation of bollards and cleats. Should you require additional information, or require support for a unique mooring solution, Maritime engineers are available around the world to satisfy your requirements.

BOLLARD TYPES & SELECTION

Mooring bollards are available in a wide range of shapes, load ratings, and materials, of which no single combination can satisfy all customers. Accordingly, Maritime provides a wide range of products. The most commonly used style of bollards are the Single Bitt, Double Bitt, T-head, Staghorn, and Kidney, as well as simple cleats used for smaller vessels. The particular type of bollard a customer requests, as well as the material used to cast the bollard, is usually a function of what has historically been used at the operator's facility. These differences can also be geographically dependent. For example, T-head bollards are more prominent in some regions while Single Bitt bollards are more commonly used in others. It may also be the preference of the consultant as they may have considered a particular bollard model, along with its particular shape, load rating, and anchorage, during the detailed design of the berth. This choice must be respected to ensure the safe usage of the product.

While customer preference may determine the model supplied by Maritime, there are differences amongst models that should be considered when selecting a bollard. T-head and Staghorn bollards can handle higher line load angles than Single Bitt and Kidney shaped bollards. This feature may be of particular importance where very large changes in water level result in significant differences in line angles. Large differences in line angles may also occur at multipurpose berths where widely varying vessel sizes frequent the same berth.

Double Bitt bollards are useful when high densities of mooring lines are present. The two column design allows two lines to be secured and independently released without having to compromise the mooring of an adjacent vessel. The opposing sloping columns are particularly useful for securing of spring lines as their greatest strength is parallel to the berth.

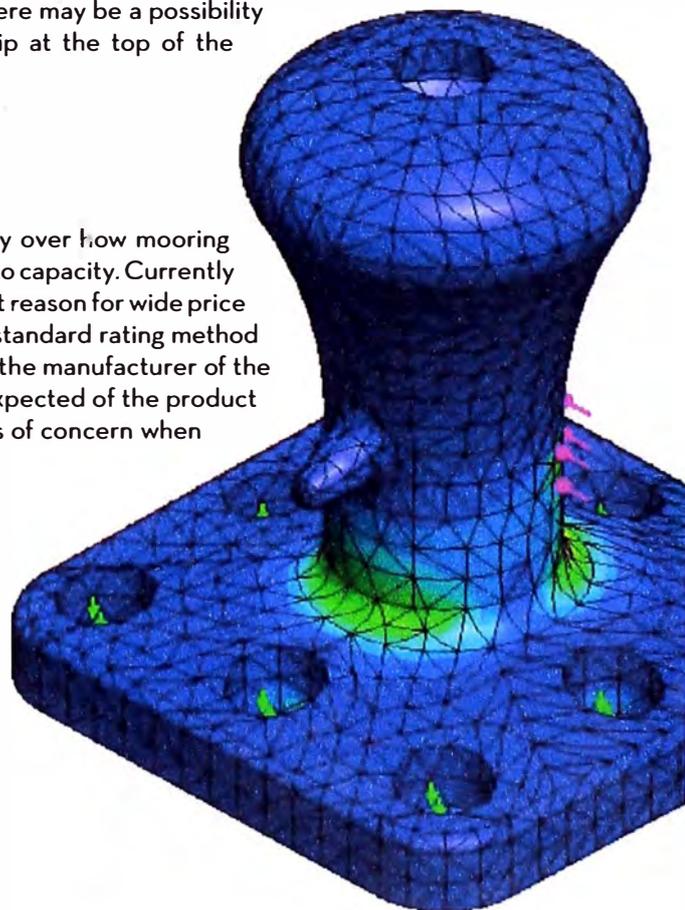
Kidney shaped bollards offer an economical solution for installations where securing of mooring lines at high angles is not a concern. This style is not recommended when multiple mooring lines will share one bollard as there may be a possibility of an unintentional release due to the shallow lip at the top of the bollard.

LOAD RATINGS

There is some confusion within the marine industry over how mooring bollards are rated and how one goes about selecting a bollard with regards to capacity. Currently there is no governing body recognized in the industry. This is also a significant reason for wide price variations offered by the numerous suppliers in the market. This lack of a standard rating method can result in unsafe mooring practices and products. It is critical that both the manufacturer of the bollard and the Consultant, or Port Engineer, communicate as to what is expected of the product and how that bollard will perform in service. There are three primary areas of concern when considering the load rating of a bollard:

1. What is the actual un-factored line load determined to be necessary at the berth?

This load should be determined by a qualified engineer that has performed a detailed mooring analysis. The line loads can be influenced by numerous factors including vessel size, wind conditions, current conditions, passing vessels, elasticity of the mooring lines, vessel deck equipment, tidal levels, bollard spacing, and numerous other factors. It is for this reason that it is not a simple question to ask "What load rating is necessary for a vessel of a particular carrying capacity?" In fact, the carrying capacity of the vessel may be one of the least importance parameters.



2. What is the necessary anchorage capacity of the bollard to the wharf to ensure safe mooring and to avoid costly structural damage in the event of concrete failure from an overload condition?

This subject, in and of itself, is a very complicated one. The required anchorage can only be determined by considering factors such as anchor bolt size, grade, and embedment depth, whether the bollard is keyed into the concrete or surface mounted, the loads on each anchor bolt, the strength of the concrete itself, as well as the influence of the reinforcing bars located in the vicinity of the bollard anchors. Bollard suppliers are sometimes asked to demonstrate anchor pullout capacity, when in reality it needs to be determined by the structural engineer of the wharf who should be in close communication with the bollard supplier on the size and loads of the anchors being provided. It is not possible for the bollard supplier alone to consider other significant loads being carried by the concrete such as the deck load, crane loads, and fender loads.

3. What is the working capacity of the bollard, the ultimate failure load, and the failure mode of the bollard and anchorage system?

The bollard itself can be rated based on its yield strength or ultimate strength. All of Maritime's bollard load ratings are certified using both finite element analysis and hand calculations. The shape of the bollard itself can also be adjusted, if necessary, to satisfy the load requirements of the customer. The load capacity of the bollard and anchorage system may also be intentionally limited, at strategic locations in the system, to avoid damage to the wharf. This is usually accomplished through the use of fuse bolts that can be predicted to fail near a certain load which allows for easy replacement of the failed component without structural damage to the wharf. While this technique is useful for the intended purpose, consideration must be given to the failure mode so that a predictable release of the mooring line is possible without the failed bollard and anchorage system causing harm to port and vessel personnel and equipment.

Maritime guarantees the load capacity of its bollard castings through rigorous analytical and numerical analysis. Bollard shapes are optimized and the casting material chosen through the use of finite element analysis. While hand calculations are helpful in the preliminary design of the bollard, the organic shapes of bollards can lead to erroneous results and therefore should not be used alone for the final design of any bollard or cleat. Regular load testing, to yield and failure loads, confirm our engineering designs and provide conclusive evidence of our product's capacity.

MATERIALS

Mooring bollards are typically manufactured using the sand casting method with the materials of choice being either steel or ductile iron. Other types of cast iron can be used, but they lack the predictable ductile failure mode preferred by Engineers. The choice of whether to use cast steel or cast iron is usually a preference of the customer, often decided by what is currently being used at the facility. Again, geographical preferences exist when making this choice. Some valid technical characteristics that may influence the choice of steel versus iron follow.

CAST STEEL ADVANTAGES

Cast steel is available in a wide range of strengths. This allows the bollard to be commercially competitive versus thicker cast iron bollards.

The ductility of cast steel gives needed structural margin in the event of an overload situation.

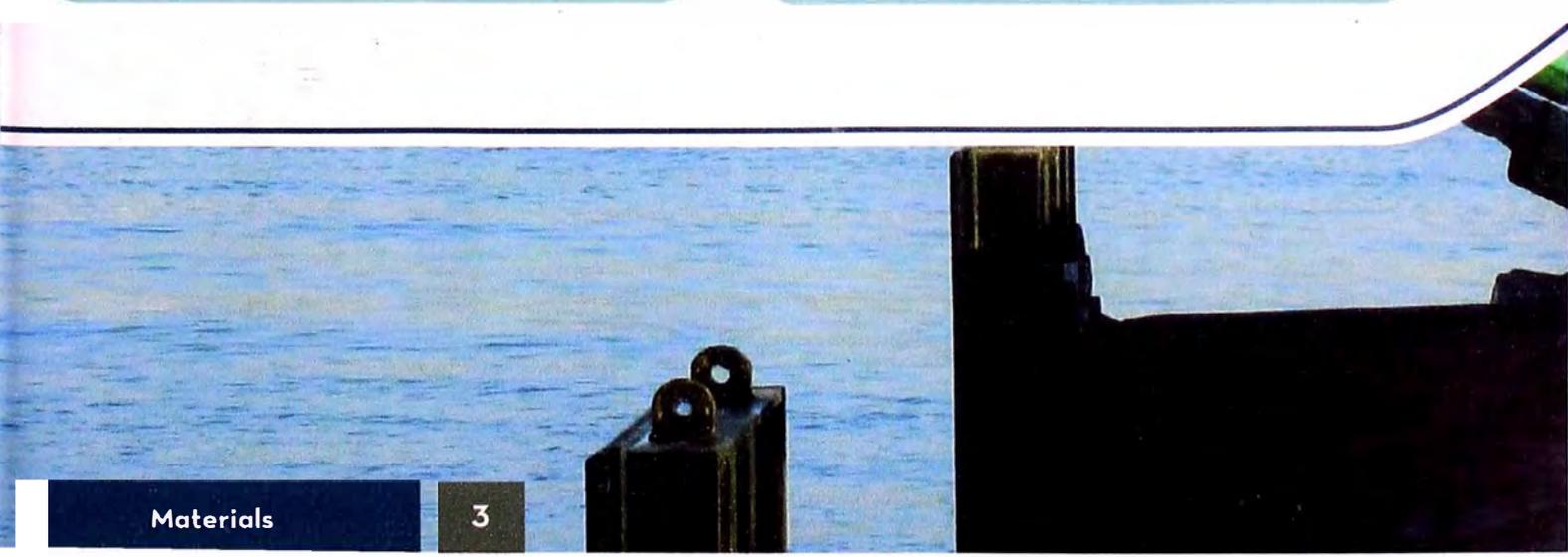
Cast steel with minor defects or damage can be easily repaired using standard welding techniques and personnel and can even be welded down to supporting steel structures should that option be preferred over bolting.

DUCTILE IRON ADVANTAGES

Ductile Iron is more corrosion resistant than steel and can tolerate compromised coatings better than steel.

Ductile Iron is more fluid during the casting stage and results in a smoother finish with more intricate details allowed, such as when a name or other information must be cast into the bollard.

Although not as ductile as steel, ductile cast iron gives needed structural margin over gray iron in the event of an overload situation.



MATERIAL SPECIFICATIONS

| Cast Steel ASTM Specifications | | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| ASTM Grade | Tensile Strength Min. ksi [MPa] | Yield Strength Min. ksi [MPa] | Elongation in 2 in. or 50mm, Min % | Reduction of Area, Min. % |
| A27 Gr. 65-35 | 65 [450] | 35 [240] | 24 | 35 |
| A27 Gr. 70-36 | 70 [485] | 36 [250] | 22 | 30 |
| A27 Gr. 70-40 | 70 [485] | 40 [275] | 22 | 30 |
| A148 Gr. 80-50 | 80 [550] | 50 [345] | 22 | 35 |

| Cast Steel ISO Specifications | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------------------|
| ISO Grade | Tensile Strength, Min. ksi [Mpa] | Yield Strength, Min. ksi [Mpa] | Elongation, Min. % | Reduction of Area, Min. % |
| 3755 Gr. 230-450 | 65 [450] | 33 [230] | 22 | 31 |
| 3755 Gr. 270-480 | 70 [480] | 39 [270] | 18 | 25 |
| 3755 Gr. 340-550 | 80 [550] | 49 [340] | 15 | 21 |

| Ductile Iron ASTM Specifications | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| ASTM Grade | Tensile Strength Min. ksi [MPa] | Yield Strength Min. ksi [MPa] | Elongation in 2 in. or 50mm, Min % | Reduction of Area, Min % |
| A536 Gr. 65-45-12 | 65 [448] | 45 [310] | 12 | N/A |
| A536 Gr. 80-55-06 | 80 [552] | 55 [379] | 6 | N/A |

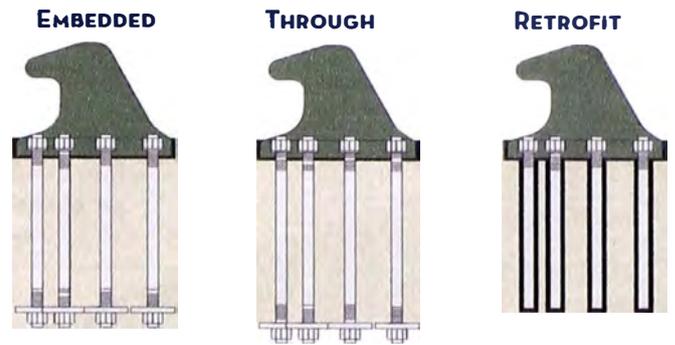
| Ductile Iron ISO Specifications | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------------------|
| ISO Grade | Tensile Strength, Min. ksi [Mpa] | Yield Strength, Min. ksi [Mpa] | Elongation, Min. % | Reduction of Area, Min. % |
| 1083 Gr. 450-310 | 65 [450] | 45 [310] | 10 | NA |
| 1083 Gr. 550-350 | 80 [550] | 51 [350] | 5 | NA |



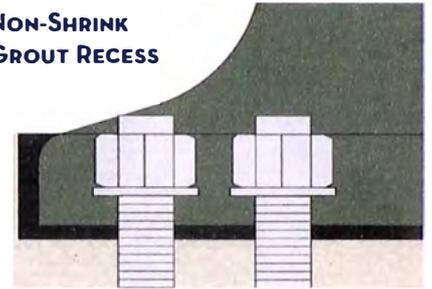
INSTALLATION

Various options exist for the installation of mooring bollards and cleats. The most common method is utilizing cast-in-place embedded anchors. Alternate methods include through bolting with cast in pipe sleeves, or epoxy-in anchors for retrofitting existing structures. Cast-in anchors or pipe sleeves should be set in place with the aid of a template or setting frame which will locate the anchors within the proper tolerances. For installations where the bollard is to be set into a recess cast into the concrete, Maritime can supply a unique solution whereby the recess form work and anchor location template can be combined into one tool. Contact Maritime for more information or assistance with this technique.

Always follow installation procedures supplied by Maritime when installing our bollards as each installation may be unique and require special instructions. Particular attention should be paid to the torque values recommended for each installation.



**NON-SHRINK
GROUT RECESS**



COATINGS

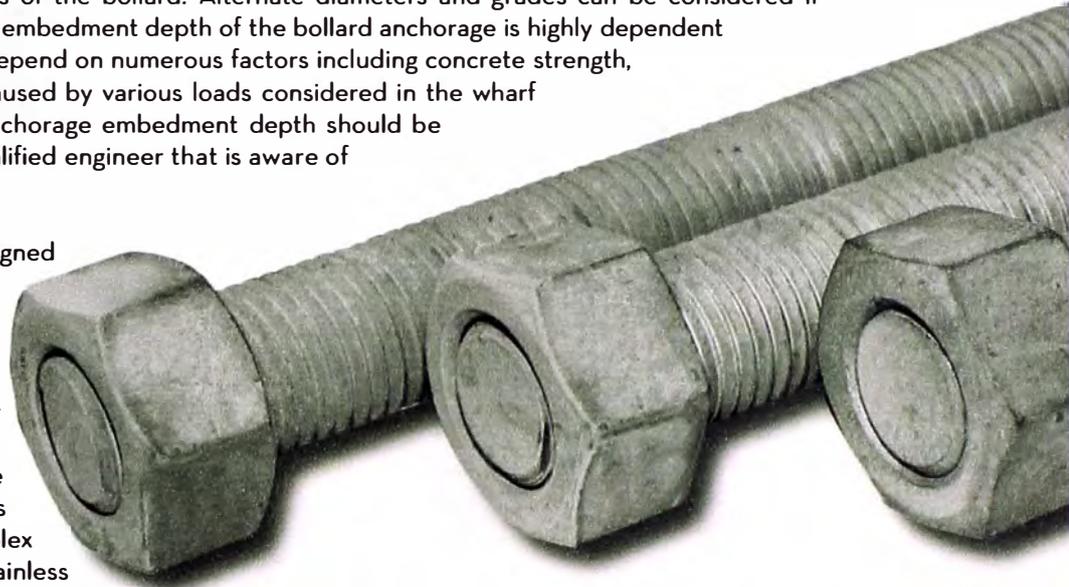
Coatings are an essential part of the system as it prevents excessive corrosion that can weaken a bollard. This is particularly significant for cast steel bollards, which are less corrosion resistant than ductile iron bollards. Virtually any coating requested can be applied, but some attention to the abrasion resistance of the coating should be given as the direct contact and movement of the mooring lines will result in accelerated wear of any coating. Bollards can be supplied fully painted from our factory or with an easily removable rust preventative primer that allows surface preparation and coating on-site after installation. Traditionally, cleats are supplied hot dip galvanized, but can also be supplied painted if requested.



MOUNTING HARDWARE

Maritime bollards should be installed using our suggested hardware diameters and grades as these have been carefully calculated to match the load ratings of the bollard. Alternate diameters and grades can be considered if approved by Maritime. The required embedment depth of the bollard anchorage is highly dependent on the wharf construction and will depend on numerous factors including concrete strength, reinforcing bar design, and stress caused by various loads considered in the wharf design. The final approval of the anchorage embedment depth should be approved by the consultant or a qualified engineer that is aware of all the site conditions.

Bollard anchorages are typically designed in accordance with AISC, BS, ACI, and PCA codes and methods. Maritime's standard anchors are supplied according to the specifications listed below. Additional standards or material grades can be considered upon request. It is also possible for Maritime to supply anchorages in standard 316 stainless steel, duplex stainless steel, and super duplex stainless steel. Please contact Maritime for specific information when considering stainless steel anchors.



Bollard anchors are usually supplied as partially threaded bars with each end of the anchor having enough threaded length to allow for field adjustment of the anchor's vertical positioning. In standard applications anchors are supplied with nuts and plate washers. Additionally anchors can be supplied with leveling nuts, custom plate washers, and embedded setting frames if required.

All carbon steel anchors and associated nuts and plate washers are supplied hot dip galvanized to ASTM A123 or A153 standards as required.

| Item | Standard Grades | ISO Grades |
|------------------|--------------------|-----------------|
| Bolts | ASTM F1554 Gr. 105 | ISO 898 Gr. 8.8 |
| Nuts (Heavy Hex) | ASTM A563 Gr. DH | ISO 898 Gr. 8 |
| Washers | ASTM F436 | ISO 887 |
| Plate Washers | ASTM A36 | ISO 630 |

QUALITY CONTROL DOCUMENTATION

A final documentation package is prepared by Maritime and includes the following documents:

- Drawings of the bollard and associated anchors with installation details
- Engineering calculations and analysis demonstrating load capacity
- Installation procedure
- Chemical analysis test reports
- Mechanical test reports
- Dimensional as-built reports
- Coating test reports

Additional quality assurance and control can be supplied in the form of full scale proof loading of the bollards as well as coupons attached to the supplied bollards that allow our customers the opportunity to perform their own chemical and mechanical testing after delivery. These documents are supplied at the delivery time of the bollards or cleats.

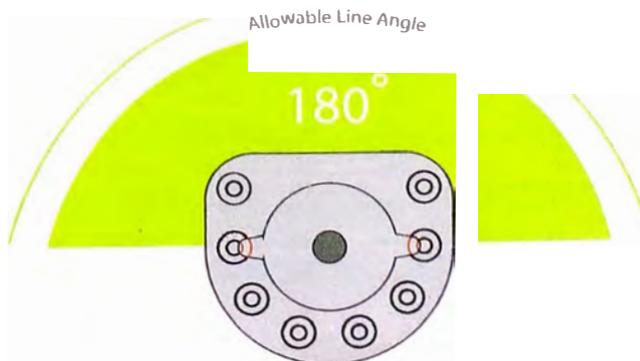
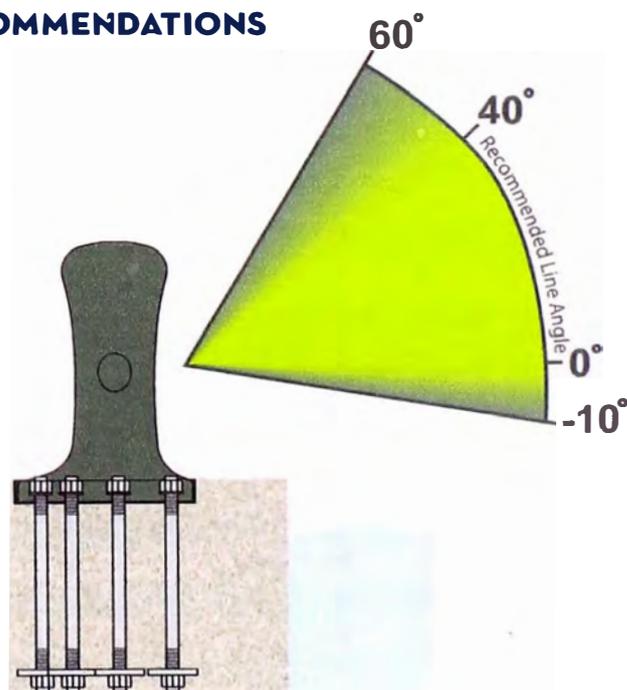
MSB

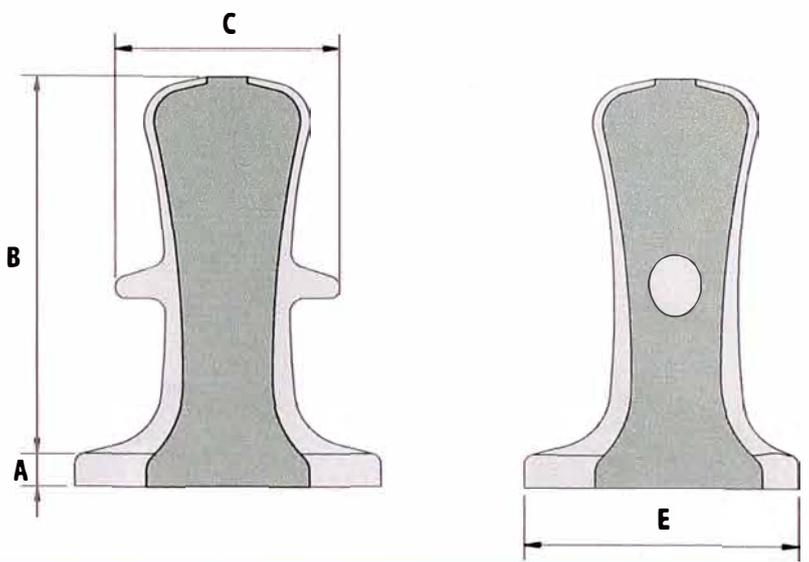
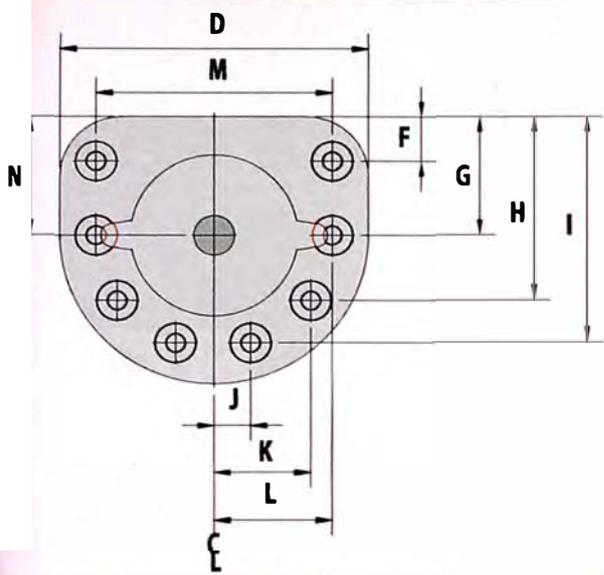
SINGLE BITT

BOLLARDS



LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





DIMENSIONS AND CAPACITIES



Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

| Imperial Dimensions (Inches) | MSB 10 | MSB 15 | MSB 20 | MSB 30 | MSB 50 | MSB 75 | MSB 100 | MSB 125 | MSB 150 | MSB 200 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| A | 1-3/4 | 1-3/4 | 2-1/8 | 2-3/8 | 2-3/4 | 3-1/4 | 3-1/2 | 3-5/8 | 3-7/8 | 4-3/8 |
| B | 15-3/8 | 16-7/8 | 17-7/8 | 21-1/4 | 27 | 32-5/8 | 38-3/8 | 41-5/8 | 45-3/8 | 50 |
| C | 8-3/4 | 9-5/8 | 10-3/8 | 12-1/8 | 15-3/8 | 18-3/4 | 22 | 23-3/4 | 26 | 28-5/8 |
| D | 12-3/4 | 14-1/8 | 14-1/8 | 16-1/2 | 21 | 25-1/2 | 30 | 32-3/8 | 35-3/8 | 39 |
| E | 11-1/4 | 12-3/8 | 12-3/4 | 14-7/8 | 18-7/8 | 23 | 27 | 29-1/8 | 31-7/8 | 35-1/8 |
| F | 1-3/4 | 2 | 2-1/8 | 2-1/2 | 3-1/8 | 3-7/8 | 4-1/2 | 4-7/8 | 5-1/4 | 5-7/8 |
| G | - | - | - | - | - | - | 13 | 14 | 15-3/8 | 15-5/8 |
| H | - | - | 7-7/8 | 9-1/4 | 10-1/8 | 12-1/4 | 20-1/2 | 22-1/4 | 24-1/4 | 24-1/8 |
| I | 8 | 8-7/8 | 11 | 12-7/8 | 15-1/2 | 18-7/8 | 23-1/2 | 25-3/8 | 27-3/4 | 29-3/4 |
| J | 3-1/4 | 3-5/8 | 0 | 0 | 3-3/4 | 4-5/8 | 0 | 0 | 0 | 4-7/8 |
| K | - | - | 4-7/8 | 5-3/4 | 7-7/8 | 9-1/2 | 7-3/4 | 8-1/4 | 9-1/8 | 12-1/4 |
| L | - | - | - | - | - | - | 11-1/2 | 12-3/8 | 13-1/2 | 15 |
| M | 9-1/4 | 10-1/8 | 10-3/4 | 12-5/8 | 16-1/8 | 19-1/2 | 23 | 24-7/8 | 27-1/8 | 29-7/8 |
| N | 4-3/4 | 5-1/4 | 5-5/8 | 6-5/8 | 8-3/8 | 10-1/4 | 12 | 13 | 14-1/8 | 15-5/8 |
| Bolt Size | 1 | 1 | 1 | 1-1/4 | 1-3/8 | 1-3/4 | 1-3/4 | 2 | 2 | 2-1/4 |
| Bolt Length | 18 | 18 | 18 | 18 | 24 | 30 | 30 | 36 | 36 | 36 |
| Bolt Qty | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 |

Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

| Metric Dimensions (mm) | MSB 10 | MSB 15 | MSB 20 | MSB 30 | MSB 50 | MSB 75 | MSB 100 | MSB 125 | MSB 150 | MSB 200 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| A | 44 | 44 | 54 | 60 | 70 | 82 | 89 | 92 | 98 | 111 |
| B | 390 | 429 | 454 | 540 | 686 | 829 | 925 | 1057 | 1153 | 1270 |
| C | 224 | 246 | 263 | 307 | 391 | 475 | 559 | 604 | 659 | 726 |
| D | 325 | 358 | 358 | 419 | 533 | 648 | 762 | 823 | 899 | 991 |
| E | 284 | 313 | 322 | 377 | 480 | 583 | 686 | 741 | 809 | 892 |
| F | 46 | 50 | 54 | 63 | 80 | 97 | 114 | 123 | 135 | 149 |
| G | - | - | - | - | - | - | 330 | 357 | 390 | 396 |
| H | - | - | 201 | 236 | 256 | 311 | 522 | 564 | 616 | 614 |
| I | 205 | 225 | 281 | 328 | 394 | 478 | 597 | 645 | 704 | 755 |
| J | 83 | 91 | 0 | 0 | 96 | 117 | 0 | 0 | 0 | 124 |
| K | - | - | 124 | 146 | 200 | 243 | 195 | 211 | 231 | 311 |
| L | - | - | - | - | - | - | 291 | 314 | 343 | 380 |
| M | 234 | 257 | 275 | 321 | 409 | 497 | 584 | 631 | 689 | 759 |
| N | 122 | 134 | 143 | 168 | 213 | 259 | 305 | 329 | 360 | 396 |
| Bolt Size | M24 | M24 | M24 | M30 | M36 | M42 | M48 | M48 | M56 | M56 |
| Bolt Length | 450 | 450 | 450 | 450 | 600 | 600 | 750 | 750 | 915 | 915 |
| Bolt Qty | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 |

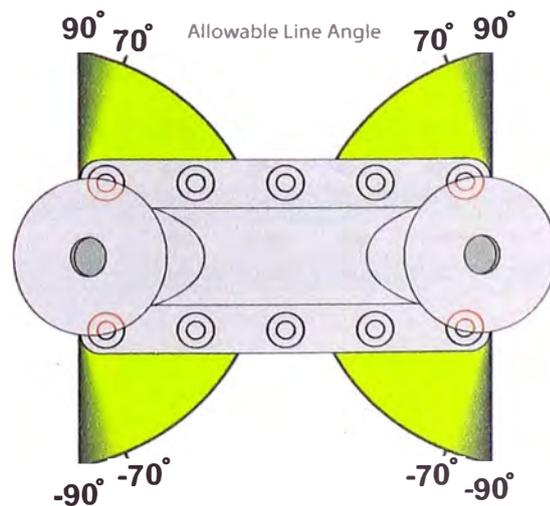
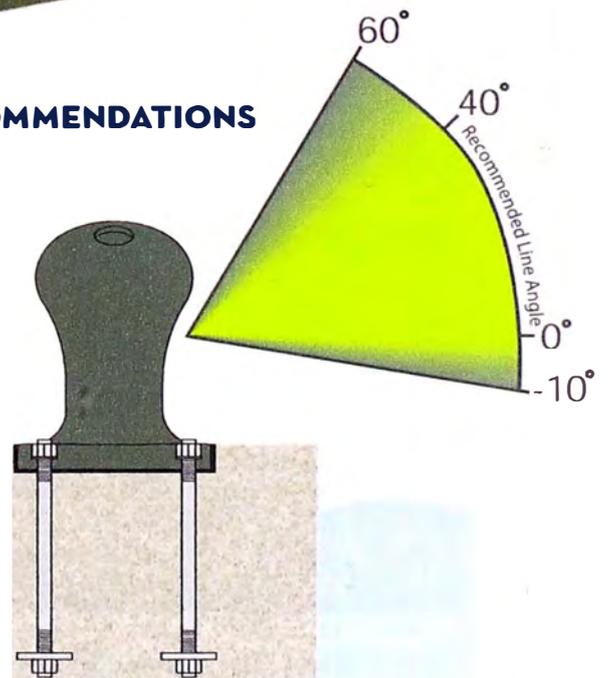
MDB

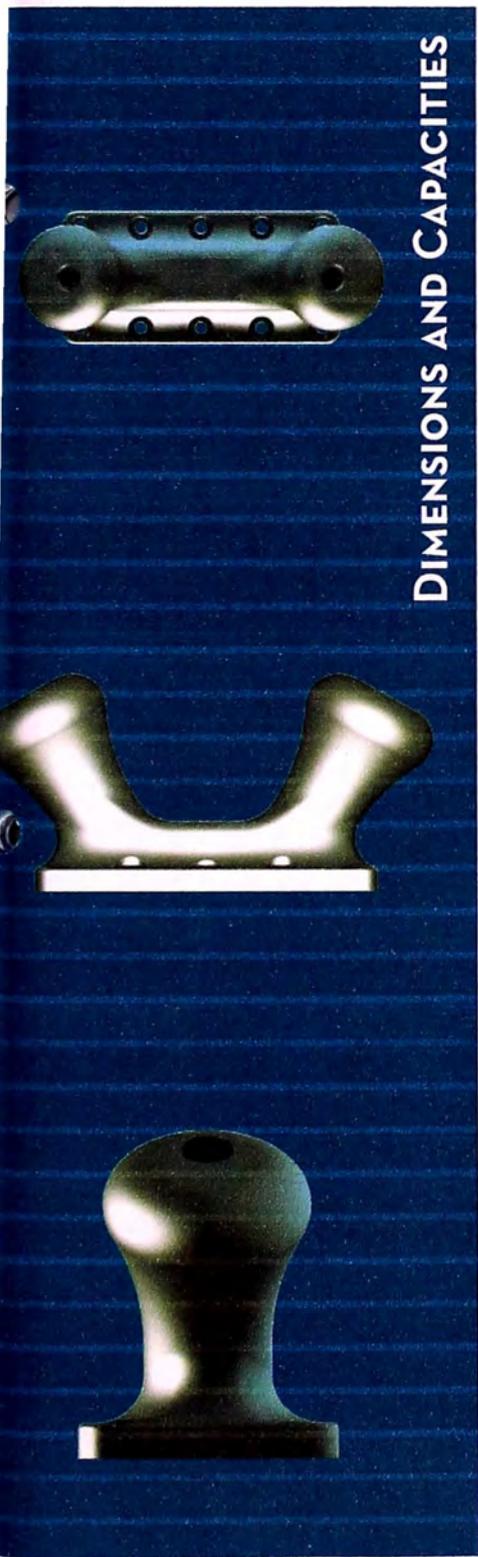
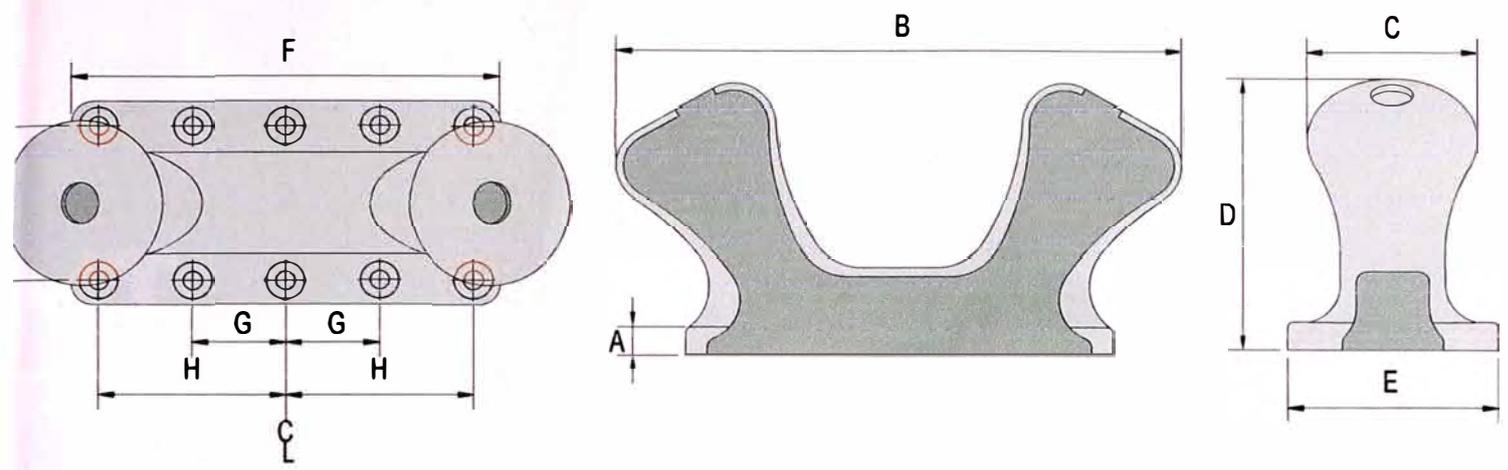
DOUBLE BITT

BOLLARDS



LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





DIMENSIONS AND CAPACITIES

Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

| Imperial Dimensions (inches) | Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes) | | | | | | | |
|------------------------------|---|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | MDB 20 | MDB 30 | MDB 50 | MDB 75 | MDB 100 | MDB 125 | MDB 150 | MDB 200 |
| A | 1-1/2 | 1-3/4 | 2-1/8 | 2-1/2 | 2-7/8 | 3-1/8 | 3-5/8 | 3-7/8 |
| B | 26-1/2 | 30-3/4 | 37-1/8 | 45 | 53 | 61 | 66-1/4 | 74-1/4 |
| C | 8 | 9-1/4 | 11-1/4 | 13-5/8 | 16 | 18-3/8 | 20 | 22-1/2 |
| D | 13-1/4 | 15-1/4 | 18-1/2 | 22-3/8 | 26-3/8 | 30-3/8 | 33 | 36-7/8 |
| E | 10-1/2 | 11-7/8 | 14 | 17 | 20 | 23 | 25 | 27-5/8 |
| F | 21 | 23-3/4 | 28 | 34 | 40 | 46 | 50 | 56 |
| G | 2-3/4 | 3-1/4 | 3-7/8 | 7-1/2 | 8-3/4 | 10-1/8 | 11 | 12-1/4 |
| H | 8-3/4 | 10-1/8 | 12-1/4 | 15 | 17-1/2 | 20-1/4 | 22 | 24-1/2 |
| I | 7-1/2 | 8-3/4 | 10-1/2 | 12-3/4 | 15 | 17-1/4 | 18-3/4 | 21 |
| Bolt Size | 3/4 | 7/8 | 1-1/8 | 1-1/4 | 1-1/2 | 1-3/4 | 2 | 2-1/4 |
| Bolt Length | 12 | 12 | 18 | 18 | 24 | 30 | 36 | 36 |
| Bolt Qty | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

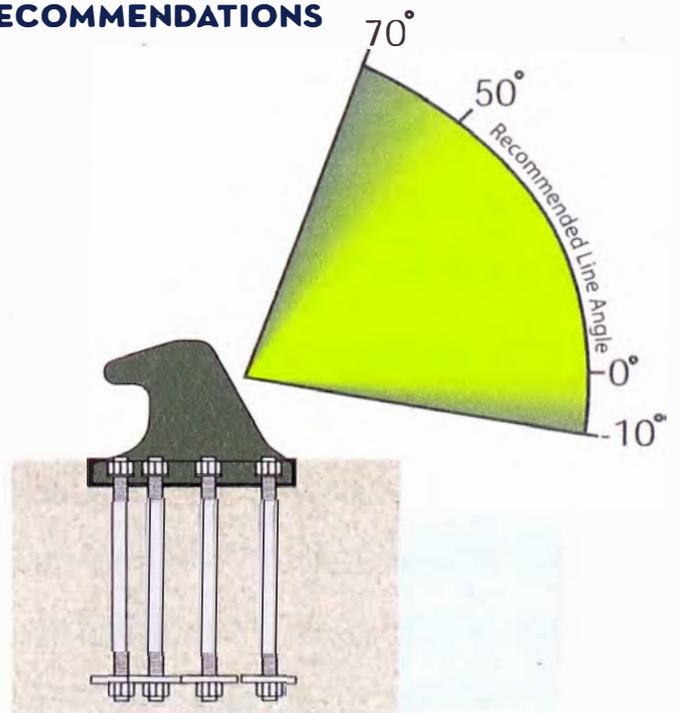
Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

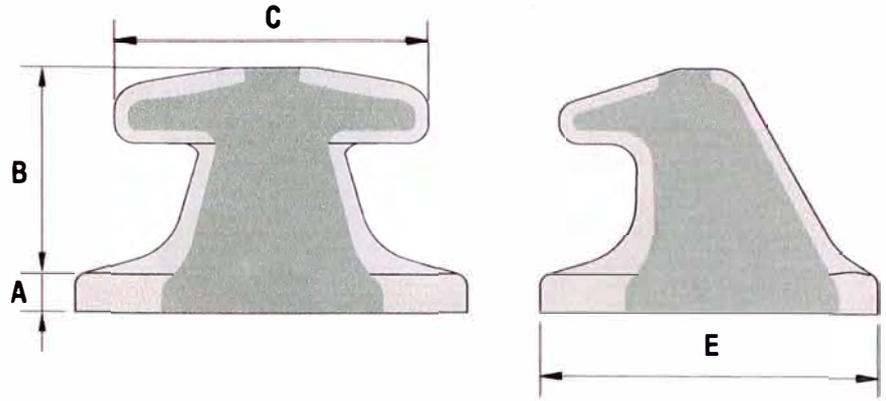
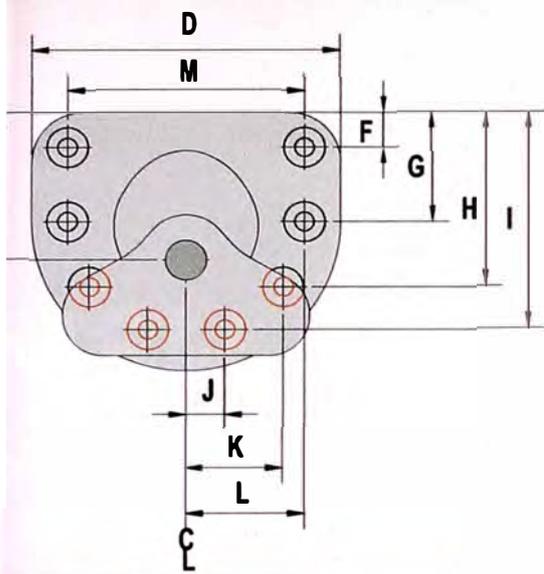
| Metric Dimensions (mm) | Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes) | | | | | | | |
|------------------------|---|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | MDB 20 | MDB 30 | MDB 50 | MDB 75 | MDB 100 | MDB 125 | MDB 150 | MDB 200 |
| A | 38 | 46 | 56 | 62 | 73 | 80 | 91 | 98 |
| B | 673 | 781 | 942 | 1144 | 1346 | 1548 | 1683 | 1885 |
| C | 204 | 236 | 285 | 346 | 407 | 468 | 509 | 570 |
| D | 335 | 389 | 469 | 570 | 670 | 771 | 838 | 938 |
| E | 267 | 302 | 356 | 432 | 508 | 584 | 635 | 702 |
| F | 533 | 604 | 711 | 864 | 1016 | 1168 | 1270 | 1422 |
| G | 70 | 81 | 98 | 189 | 222 | 256 | 278 | 311 |
| H | 222 | 258 | 311 | 378 | 444 | 512 | 556 | 622 |
| I | 191 | 221 | 267 | 324 | 381 | 438 | 476 | 533 |
| Bolt Size | M20 | M22 | M30 | M36 | M42 | M42 | M48 | M56 |
| Bolt Length | 300 | 300 | 450 | 450 | 600 | 600 | 750 | 915 |
| Bolt Qty | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

MT T-HEAD BOLLARDS

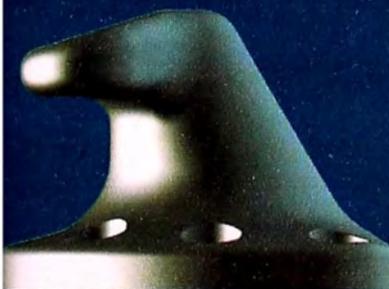


LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





DIMENSIONS AND CAPACITIES



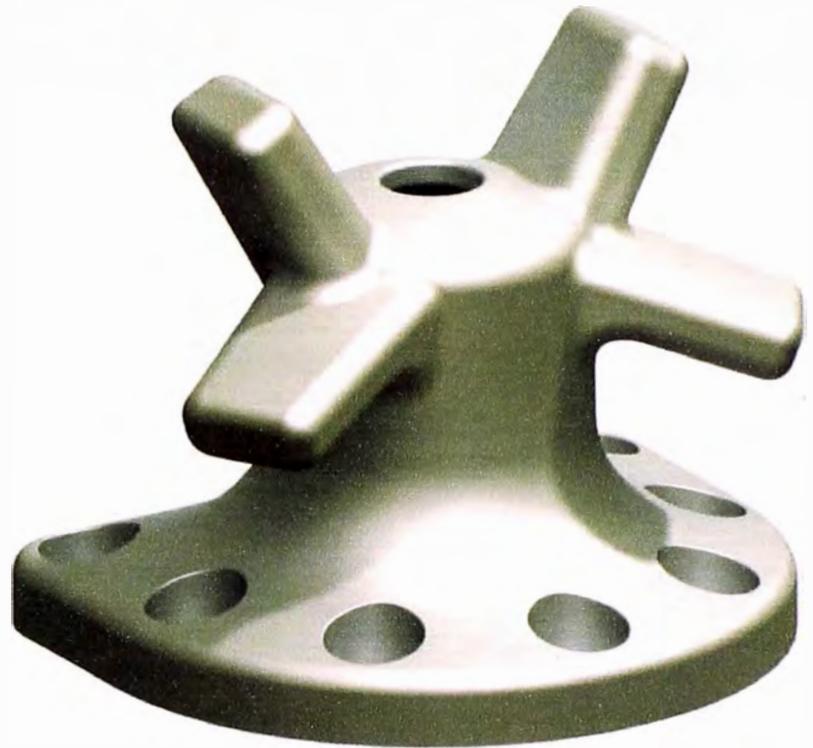
Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

| Imperial Dimensions (Inches) | MT 10 | MT 15 | MT 20 | MT 30 | MT 50 | MT 75 | MT 100 | MT 125 | MT 150 | MT 200 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A | 1-7/8 | 2 | 2-1/8 | 2-1/4 | 2-3/4 | 3-1/4 | 3-1/4 | 3-3/8 | 3-5/8 | 3-7/8 |
| B | 7-7/8 | 8-5/8 | 9-1/2 | 9-7/8 | 12-1/8 | 13-7/8 | 16-1/8 | 18 | 19-3/8 | 20-1/2 |
| C | 12 | 13-1/4 | 13-3/4 | 14-3/8 | 17-3/4 | 20-3/8 | 24 | 26-3/8 | 28-3/8 | 30 |
| D | 15 | 16-1/2 | 17-1/4 | 18 | 22-1/4 | 25-1/2 | 30 | 33 | 35-3/8 | 37-1/2 |
| E | 13 | 14-1/4 | 15 | 15-5/8 | 19-1/4 | 22-1/8 | 26 | 28-5/8 | 30-5/8 | 32-1/2 |
| F | 1-3/4 | 1-7/8 | 2 | 2-1/8 | 2-5/8 | 3 | 3-1/2 | 3-7/8 | 4-1/8 | 4-3/8 |
| G | - | - | - | - | - | - | 12 | 13-1/4 | 14-1/8 | 13-3/4 |
| H | - | - | 9-1/8 | 9-1/2 | 11-3/4 | 11-3/4 | 19-1/2 | 21-1/2 | 23-1/8 | 22 |
| I | 9-5/8 | 10-1/2 | 13 | 13-1/2 | 16-5/8 | 18-1/4 | 22-1/2 | 24-3/4 | 26-1/2 | 27-3/8 |
| J | 4-1/8 | 4-1/2 | 0 | 0 | 0 | 4-1/8 | 0 | 0 | 0 | 4-5/8 |
| K | - | - | 6 | 6-1/4 | 7-3/4 | 9-1/2 | 7-3/4 | 8-1/2 | 9-1/8 | 11-3/4 |
| L | - | - | - | - | - | - | 11-1/2 | 12-5/8 | 13-1/2 | 14-3/8 |
| M | 11-1/2 | 12-5/8 | 13-1/4 | 13-3/4 | 17 | 19-1/2 | 23 | 25-1/4 | 27-1/8 | 28-3/4 |
| N | 7-3/8 | 8-1/8 | 8-1/2 | 8-7/8 | 11 | 12-5/8 | 14-7/8 | 16-3/8 | 17-1/2 | 18-5/8 |
| Bolt Size | 1 | 1 | 1 | 1-1/8 | 1-3/8 | 1-1/2 | 1-3/4 | 1-3/4 | 2 | 2 |
| Bolt Length | 18 | 18 | 18 | 18 | 24 | 24 | 30 | 30 | 36 | 36 |
| Bolt Qty | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 |

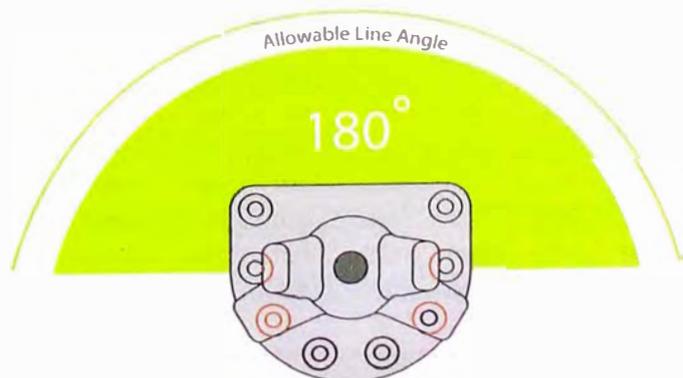
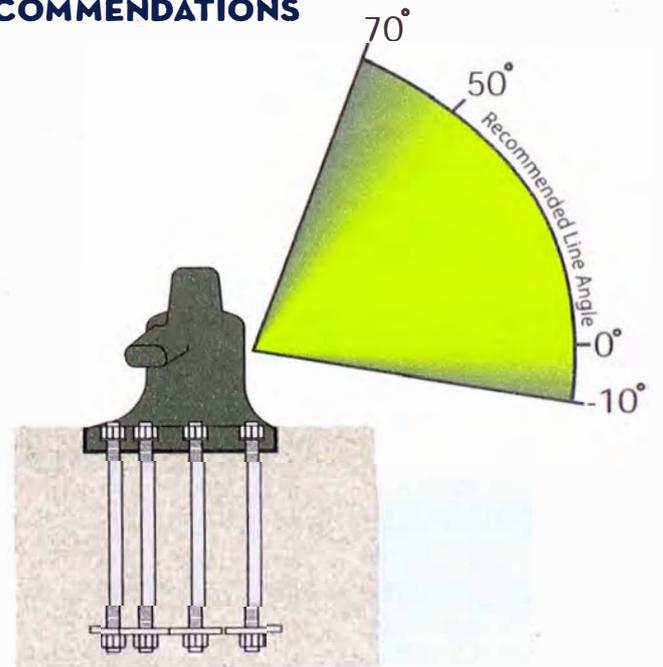
Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

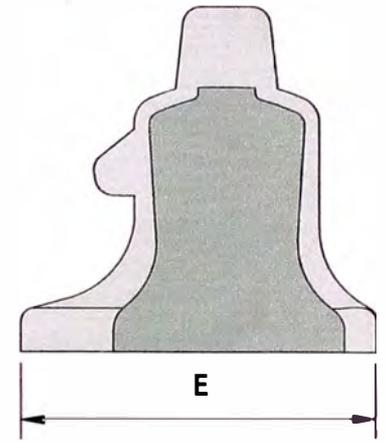
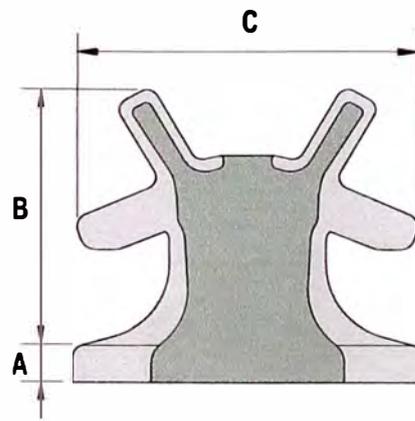
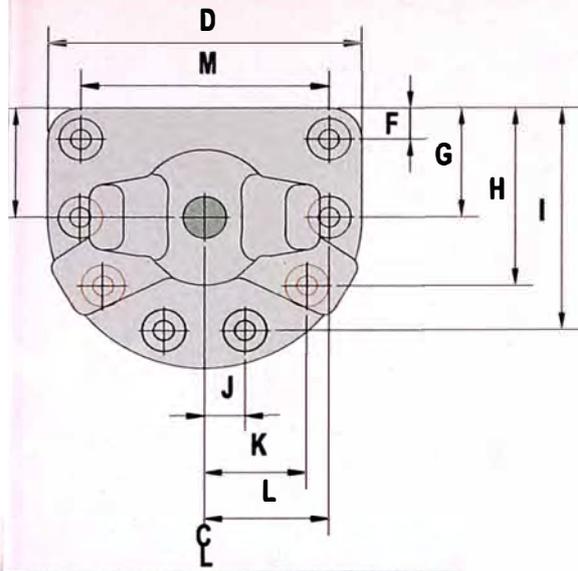
| Metric Dimensions (mm) | MT 10 | MT 15 | MT 20 | MT 30 | MT 50 | MT 75 | MT 100 | MT 125 | MT 150 | MT 200 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| A | 47 | 52 | 54 | 57 | 70 | 80 | 80 | 87 | 93 | 97 |
| B | 199 | 219 | 240 | 250 | 308 | 354 | 413 | 458 | 492 | 521 |
| C | 305 | 335 | 351 | 366 | 451 | 518 | 610 | 671 | 719 | 762 |
| D | 381 | 419 | 438 | 457 | 564 | 648 | 762 | 838 | 899 | 952 |
| E | 330 | 363 | 380 | 396 | 489 | 561 | 660 | 726 | 779 | 826 |
| F | 44 | 49 | 51 | 53 | 66 | 76 | 89 | 98 | 105 | 111 |
| G | - | - | - | - | - | - | 305 | 335 | 360 | 349 |
| H | - | - | 232 | 242 | 298 | 298 | 496 | 546 | 586 | 559 |
| I | 243 | 267 | 329 | 343 | 423 | 463 | 572 | 629 | 674 | 694 |
| J | 103 | 114 | 0 | 0 | 0 | 105 | 0 | 0 | 0 | 119 |
| K | - | - | 152 | 159 | 196 | 241 | 195 | 215 | 231 | 299 |
| L | - | - | - | - | - | - | 291 | 320 | 343 | 365 |
| M | 292 | 321 | 336 | 351 | 432 | 497 | 584 | 643 | 689 | 730 |
| N | 189 | 208 | 217 | 226 | 279 | 321 | 377 | 415 | 445 | 472 |
| Bolt Size | M24 | M24 | M24 | M30 | M36 | M42 | M42 | M48 | M48 | M56 |
| Bolt Length | 450 | 450 | 450 | 450 | 600 | 600 | 600 | 750 | 750 | 915 |
| Bolt Qty | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 |

MSH STAGHORN BOLLARDS



LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





DIMENSIONS AND CAPACITIES



Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

| Imperial Dimensions (inches) | MSH 10 | MSH 15 | MSH 20 | MSH 30 | MSH 50 | MSH 75 | MSH 100 | MSH 125 | MSH 150 | MSH 200 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| A | 1-5/8 | 1-3/4 | 2 | 2-1/8 | 2-3/8 | 2-7/8 | 3-1/4 | 3-1/2 | 3-3/4 | 4 |
| B | 11-3/8 | 12-5/8 | 13-5/8 | 15-1/2 | 16-3/8 | 19-1/4 | 22 | 24-1/4 | 26-1/2 | 27-1/2 |
| C | 13-3/4 | 15-1/2 | 16-7/8 | 19 | 20-1/4 | 24-5/8 | 28-1/4 | 31 | 33-7/8 | 35-1/4 |
| D | 15 | 16-1/2 | 17-3/8 | 19-5/8 | 20-7/8 | 25-3/8 | 29 | 31-7/8 | 34-3/4 | 36-1/4 |
| E | 13 | 14-1/4 | 15 | 16-7/8 | 18 | 21-7/8 | 25 | 27-1/2 | 30 | 31-1/4 |
| F | 1-3/4 | 1-7/8 | 1-3/4 | 2 | 2-1/8 | 2-5/8 | 3 | 3-1/4 | 3-5/8 | 3-3/4 |
| G | - | - | - | - | - | - | 11-1/2 | 12-5/8 | 13-3/4 | 13-1/8 |
| H | - | - | 9-1/4 | 10-3/8 | 11 | 11-1/4 | 19 | 21 | 22-7/8 | 21-3/8 |
| I | 9-5/8 | 10-1/2 | 13-1/4 | 14-7/8 | 15-7/8 | 18-1/8 | 22 | 24-1/4 | 26-3/8 | 26-3/4 |
| J | 4-1/8 | 4-1/2 | 0 | 0 | 0 | 4-3/4 | 0 | 0 | 0 | 4-5/8 |
| K | - | - | 6-1/4 | 7 | 7-1/2 | 9-7/8 | 7-3/4 | 8-1/2 | 9-1/4 | 11-3/4 |
| L | - | - | - | - | - | - | 11-1/2 | 12-5/8 | 13-3/4 | 14-3/8 |
| M | 11-1/2 | 12-5/8 | 13-3/4 | 15-1/2 | 16-1/2 | 20 | 22-7/8 | 25-1/4 | 27-1/2 | 28-5/8 |
| N | 5-1/2 | 6 | 6-1/4 | 7-1/8 | 7-1/2 | 9-1/8 | 10-1/2 | 11-1/2 | 12-5/8 | 13-1/8 |
| Bolt Size | 1 | 1 | 1 | 1-1/8 | 1-3/8 | 1-1/2 | 1-3/4 | 1-3/4 | 2 | 2 |
| Bolt Length | 18 | 18 | 18 | 18 | 24 | 24 | 30 | 30 | 36 | 36 |
| Bolt Qty | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 |

Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

| Metric Dimensions (mm) | MSH 10 | MSH 15 | MSH 20 | MSH 30 | MSH 50 | MSH 75 | MSH 100 | MSH 125 | MSH 150 | MSH 200 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| A | 41 | 45 | 49 | 55 | 59 | 71 | 81 | 90 | 98 | 102 |
| B | 291 | 320 | 349 | 392 | 419 | 489 | 559 | 615 | 671 | 699 |
| C | 348 | 394 | 430 | 483 | 516 | 627 | 717 | 788 | 860 | 896 |
| D | 381 | 419 | 442 | 497 | 530 | 645 | 737 | 810 | 884 | 921 |
| E | 330 | 363 | 381 | 429 | 457 | 556 | 635 | 699 | 762 | 794 |
| F | 44 | 49 | 46 | 51 | 55 | 67 | 76 | 84 | 91 | 95 |
| G | - | - | - | - | - | - | 292 | 321 | 351 | 333 |
| H | - | - | 234 | 263 | 281 | 287 | 484 | 532 | 581 | 543 |
| I | 243 | 267 | 335 | 377 | 402 | 459 | 559 | 615 | 671 | 679 |
| J | 103 | 114 | 0 | 0 | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 119 |
| K | - | - | 159 | 179 | 191 | 250 | 195 | 215 | 235 | 299 |
| L | - | - | - | - | - | - | 291 | 320 | 349 | 365 |
| M | 291 | 320 | 349 | 393 | 419 | 509 | 582 | 640 | 698 | 727 |
| N | 140 | 154 | 160 | 180 | 192 | 233 | 267 | 293 | 320 | 333 |
| Bolt Size | M24 | M24 | M24 | M30 | M36 | M42 | M42 | M48 | M48 | M56 |
| Bolt Length | 450 | 450 | 450 | 450 | 600 | 600 | 600 | 750 | 750 | 915 |
| Bolt Qty | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 |



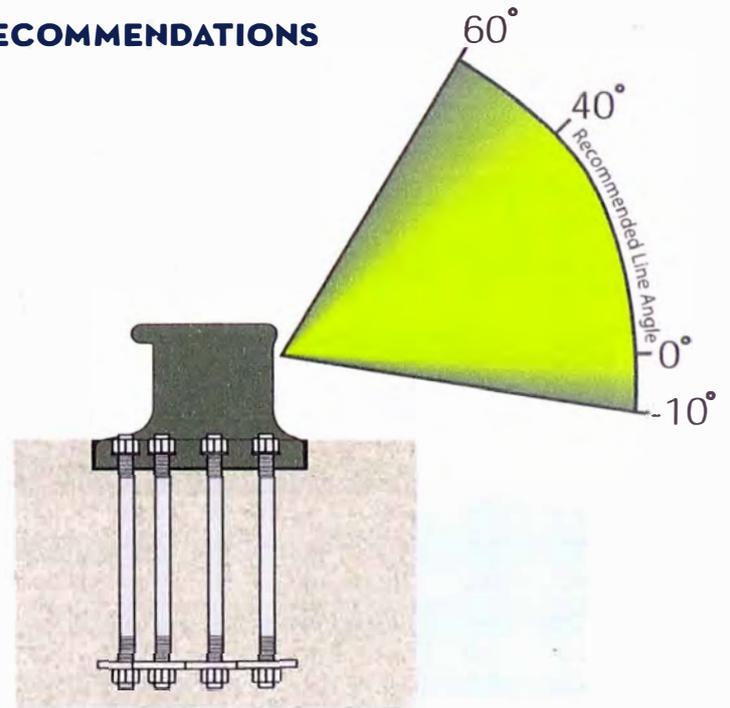
MK

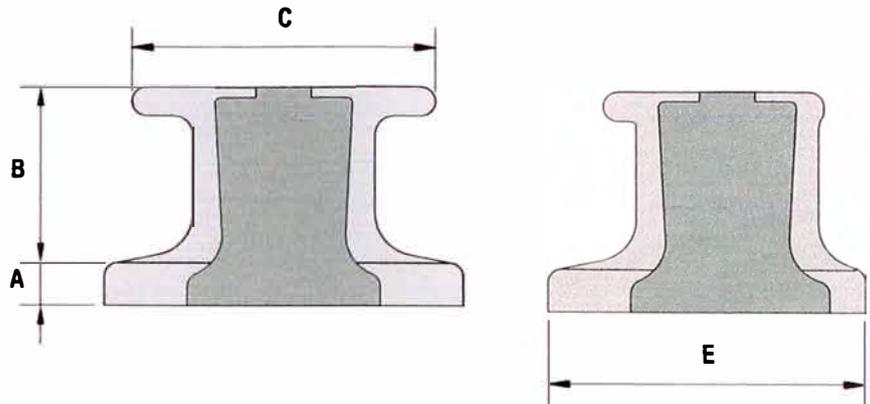
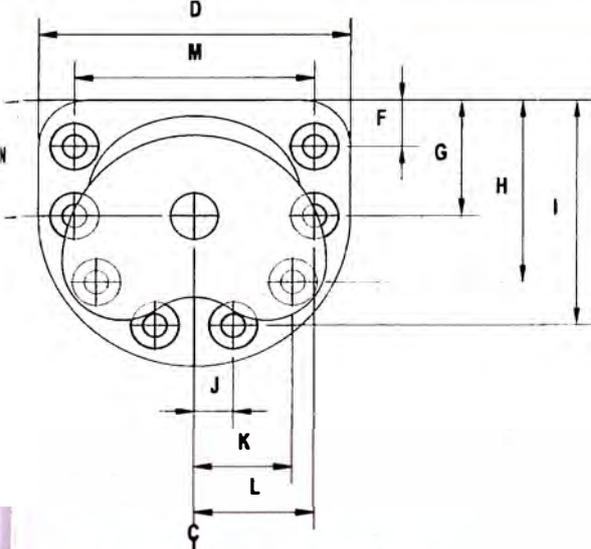
KIDNEY

BOLLARDS

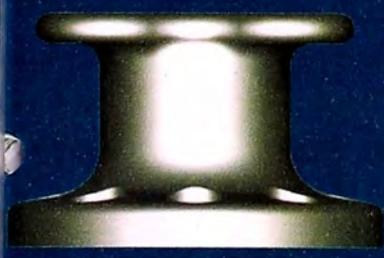


LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





DIMENSIONS AND CAPACITIES



Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

| Imperial Dimensions (inches) | MK 15 | MK 20 | MK 30 | MK 50 | MK 75 | MK 100 | MK 125 | MK 150 | MK 200 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A | 1-5/8 | 2 | 2-1/8 | 2-3/8 | 2-3/4 | 3-1/8 | 3-1/2 | 3-3/4 | 4-3/8 |
| B | 7-5/8 | 8-1/2 | 10-1/8 | 10-3/8 | 11-3/4 | 13-3/8 | 14-3/4 | 16-1/8 | 18 |
| C | 10-7/8 | 13 | 15-1/8 | 16-1/4 | 19 | 21-5/8 | 23-7/8 | 26 | 29-7/8 |
| D | 12-3/4 | 15-3/8 | 17-7/8 | 19-1/4 | 22-3/8 | 25-5/8 | 28-1/8 | 30-3/4 | 35-3/8 |
| E | 11-3/8 | 13-5/8 | 15-7/8 | 17 | 19-3/4 | 22-5/8 | 24-7/8 | 27-1/8 | 31-1/4 |
| F | 2 | 2-3/8 | 2-3/4 | 3 | 3-1/2 | 3-7/8 | 4-3/8 | 4-3/4 | 5-3/8 |
| G | - | - | - | - | 9-3/8 | 10-3/4 | 11-3/4 | 12-7/8 | 13-5/8 |
| H | - | 8-3/8 | 10-1/8 | 8-7/8 | 15 | 17-1/8 | 18-7/8 | 20-5/8 | 21-3/8 |
| I | 8-3/8 | 11-3/4 | 13-3/4 | 13-7/8 | 17-1/4 | 19-5/8 | 21-5/8 | 23-5/8 | 26-3/8 |
| J | 3-1/2 | 0 | 0 | 3-1/2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4-3/8 |
| K | - | 5-3/8 | 6 | 7-1/4 | 5-3/4 | 6-5/8 | 7-1/4 | 7-7/8 | 11-1/8 |
| L | - | - | - | - | 8-5/8 | 9-3/4 | 10-3/4 | 11-3/4 | 13-5/8 |
| M | 9-7/8 | 11-3/4 | 13-3/4 | 14-3/4 | 17-1/4 | 19-5/8 | 21-5/8 | 23-5/8 | 27-1/8 |
| N | 4-7/8 | 5-7/8 | 6-7/8 | 7-3/8 | 8-5/8 | 9-7/8 | 10-7/8 | 11-3/4 | 13-5/8 |
| Bolt Size | 1 | 1 | 1-1/8 | 1-3/8 | 1-1/2 | 1-3/4 | 2 | 2 | 2-1/4 |
| Bolt Length | 18 | 18 | 18 | 24 | 24 | 30 | 36 | 36 | 36 |
| Bolt Qty | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |

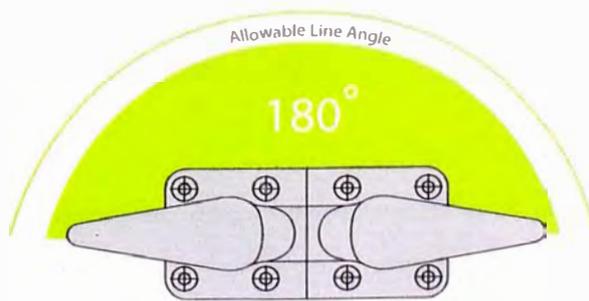
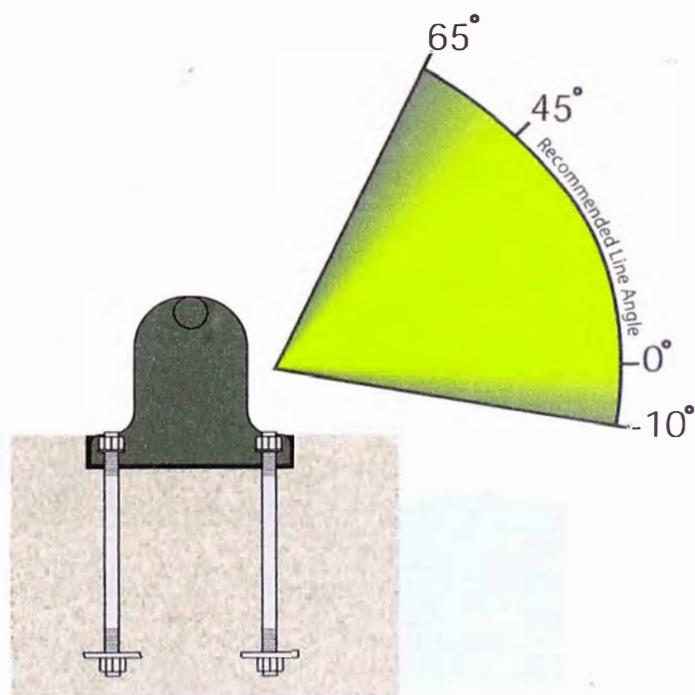
Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

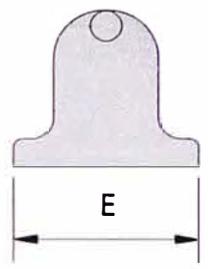
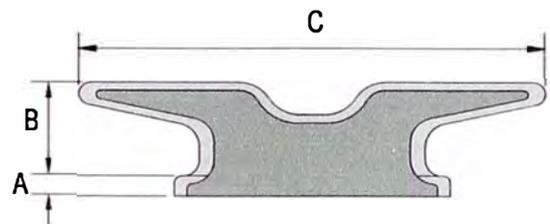
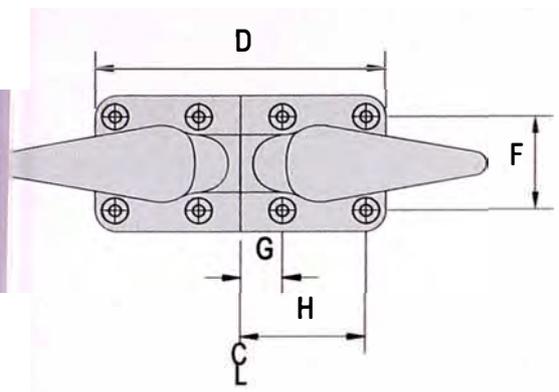
| Metric Dimensions (mm) | MK 15 | MK 20 | MK 30 | MK 50 | MK 75 | MK 100 | MK 125 | MK 150 | MK 200 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| A | 41 | 51 | 54 | 60 | 70 | 79 | 89 | 95 | 111 |
| B | 194 | 216 | 257 | 264 | 298 | 340 | 375 | 410 | 457 |
| C | 275 | 330 | 385 | 413 | 481 | 550 | 605 | 660 | 759 |
| D | 325 | 390 | 455 | 488 | 569 | 650 | 715 | 780 | 897 |
| E | 288 | 345 | 402 | 431 | 503 | 575 | 632 | 690 | 793 |
| F | 50 | 60 | 70 | 75 | 88 | 100 | 110 | 120 | 138 |
| G | - | - | - | - | 238 | 272 | 299 | 326 | 345 |
| H | - | 213 | 258 | 226 | 381 | 436 | 479 | 523 | 543 |
| I | 213 | 300 | 350 | 353 | 438 | 500 | 550 | 600 | 671 |
| J | 88 | 0 | 0 | 88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 112 |
| K | - | 136 | 154 | 183 | 146 | 167 | 184 | 201 | 283 |
| L | - | - | - | - | 218 | 249 | 274 | 299 | 345 |
| M | 250 | 300 | 350 | 375 | 438 | 500 | 550 | 600 | 690 |
| N | 125 | 150 | 175 | 188 | 219 | 250 | 275 | 300 | 345 |
| Bolt Size | M24 | M24 | M30 | M36 | M36 | M42 | M48 | M56 | M56 |
| Bolt Length | 450 | 450 | 450 | 600 | 600 | 600 | 750 | 915 | 915 |
| Bolt Qty | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |

MC CLEATS

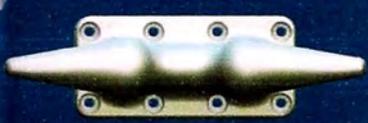


LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





DIMENSIONS AND CAPACITIES



| Cleats ¹ | | | | | |
|------------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|
| Imperial Dimensions (inches) | MC 24 | MC 30 | MC 36 | MC 42 | MC 54 |
| A | 1-3/4 | 2 | 2 | 2 | 2-1/2 |
| B | 6-1/4 | 7 | 8 | 9 | 11-1/2 |
| C | 24 | 30 | 36 | 42 | 54 |
| D | 16 | 20 | 24 | 26 | 33 |
| E | 8-1/2 | 10-1/2 | 12 | 12 | 16 |
| F | 5-1/2 | 7 | 8-1/4 | 8-1/2 | 11 |
| G | - | - | - | 3-3/4 | 4-3/4 |
| H | 6-1/2 | 8 | 10 | 11-1/4 | 14-1/4 |
| Bolt Size | 3/4 | 1 | 1 | 1 | 1-1/8 |
| Bolt Length | 12 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Qty | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 |

| Cleats ¹ | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Metric Dimensions (mm) | MC 24 | MC 30 | MC 36 | MC 42 | MC 54 |
| A | 44 | 51 | 51 | 51 | 64 |
| B | 159 | 178 | 203 | 229 | 292 |
| C | 610 | 762 | 914 | 1067 | 1371 |
| D | 406 | 508 | 610 | 660 | 838 |
| E | 216 | 267 | 305 | 305 | 406 |
| F | 140 | 178 | 209 | 216 | 279 |
| G | - | - | - | 95 | 121 |
| H | 165 | 203 | 254 | 285 | 362 |
| Bolt Size | M20 | M24 | M24 | M24 | M30 |
| Bolt Length | 300 | 460 | 460 | 460 | 460 |
| Qty | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 |

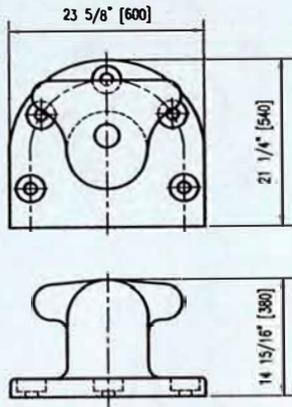
¹Cleat nomenclature is not based on load rating. Model numbers are based on length in inches.

Maritime offers a line of legacy bollards for drop-in replacement of older models that may have been in the field for many years. These bollards are historically used to match existing bolt patterns to reduce installation costs for new bollards. However, for new construction applications, Maritime recommends utilization of the standard optimized bollard range. **Please note: our legacy bollard model numbers make no reference to capacity. Contact Maritime International for specific legacy model capacities and safety factors.**

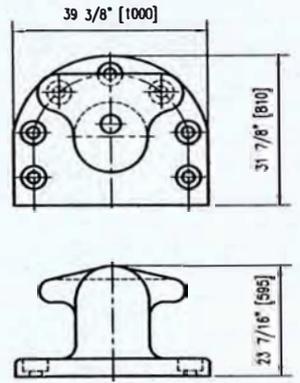




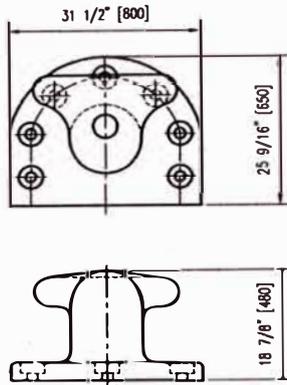
T301



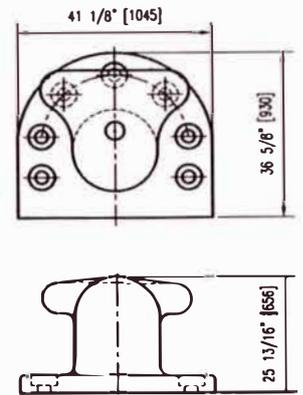
T1001



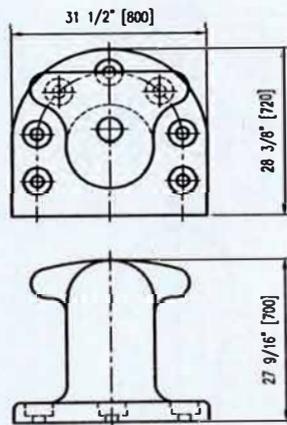
T501



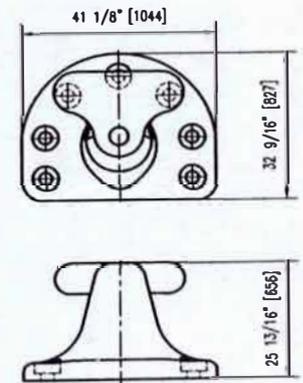
T1501



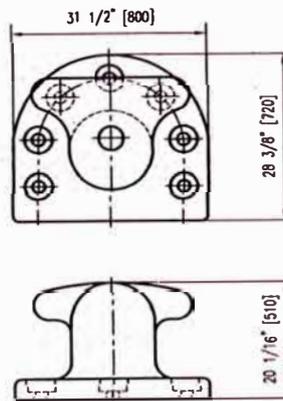
T701



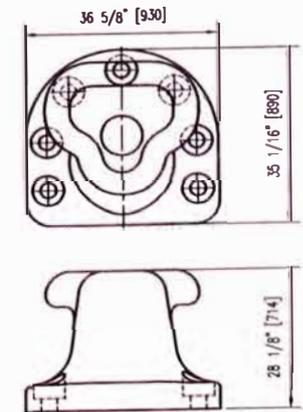
T1504



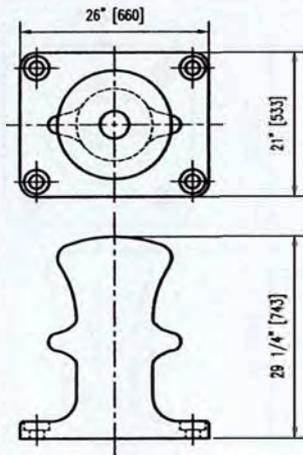
T751



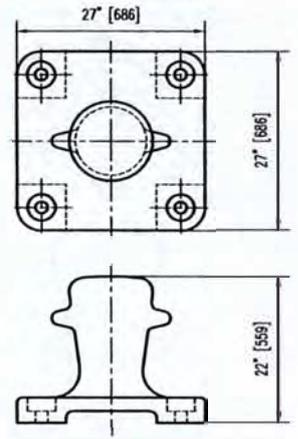
T2001



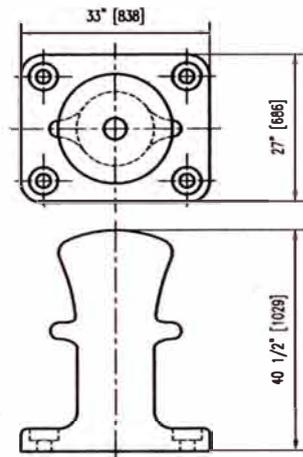
SB201



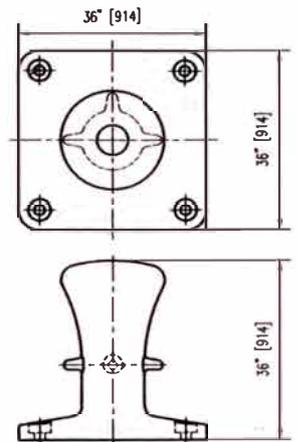
SB401



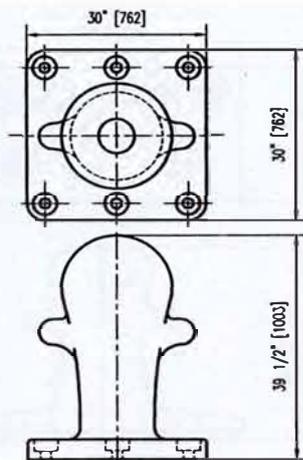
SB251



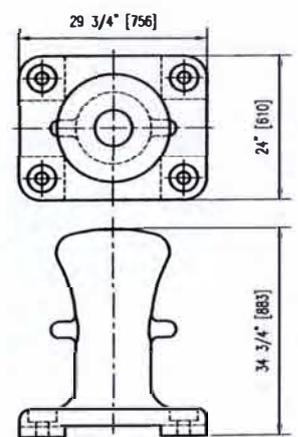
SB501



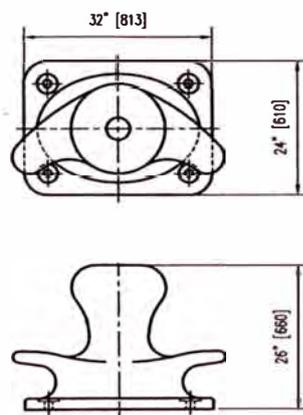
SB301



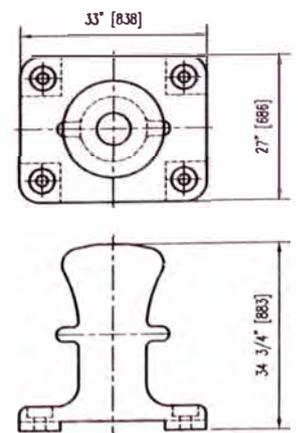
SB651



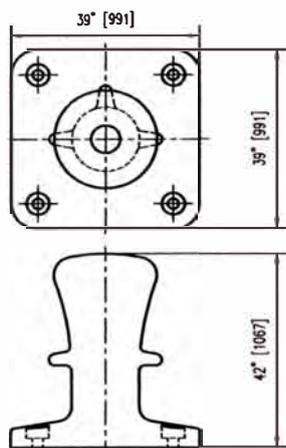
SB351



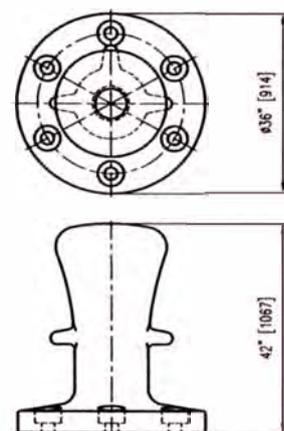
SB652



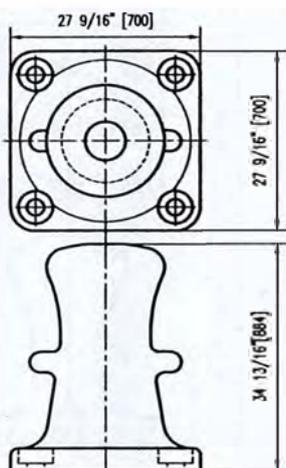
SB751



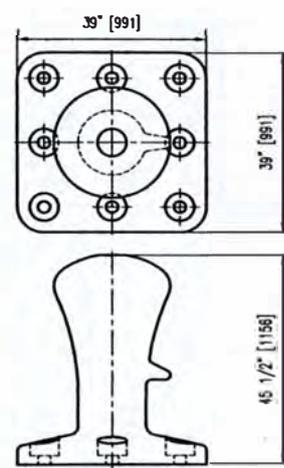
SB1002



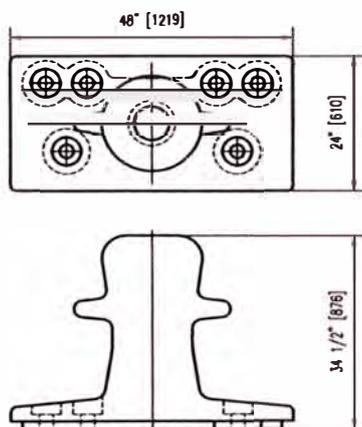
SB801



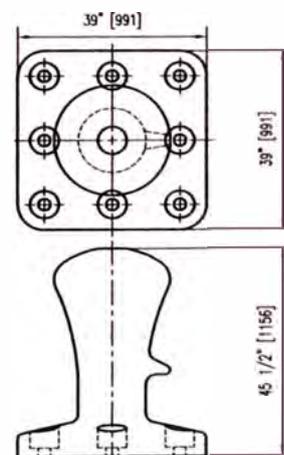
SB1003



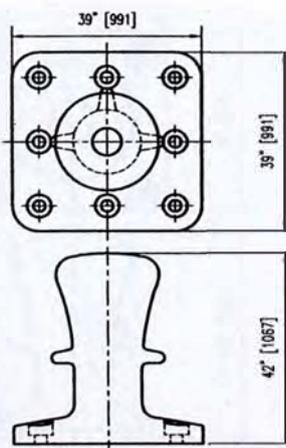
SB901



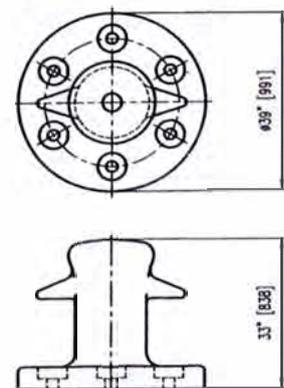
SB1004



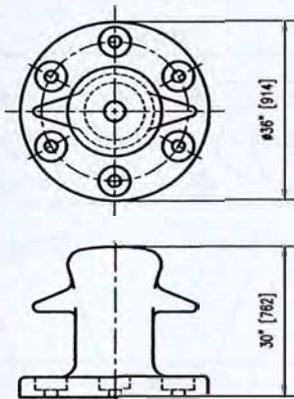
SB1001



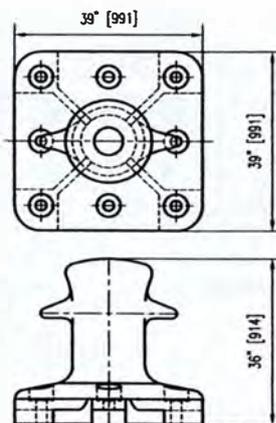
SB1005



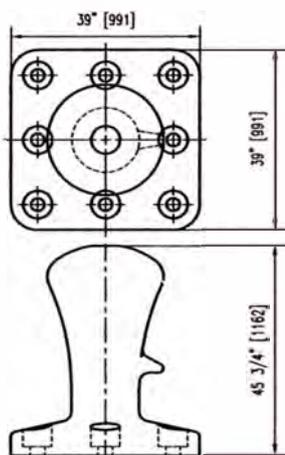
SB1006



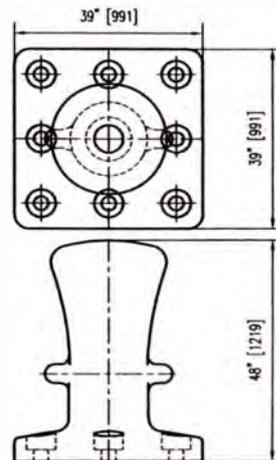
SB1251



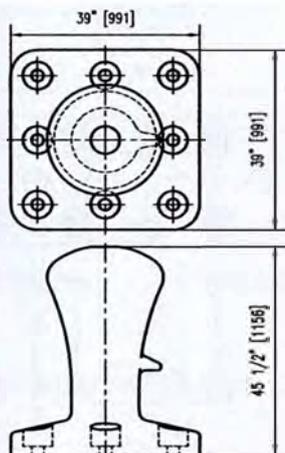
SB1007



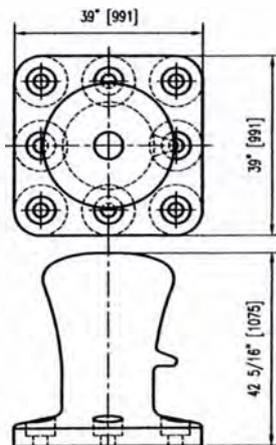
SB1501



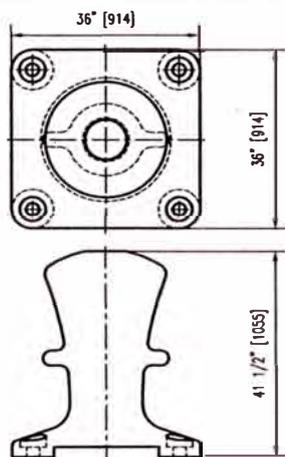
SB1008



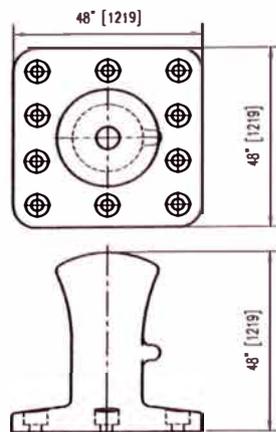
SB1751



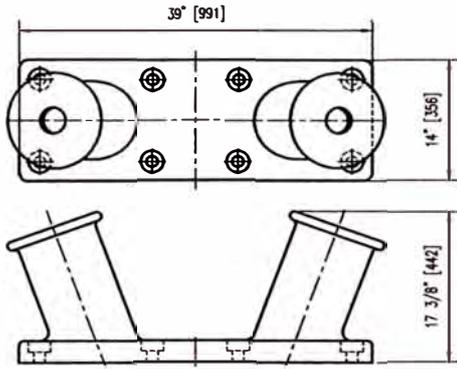
SB1009



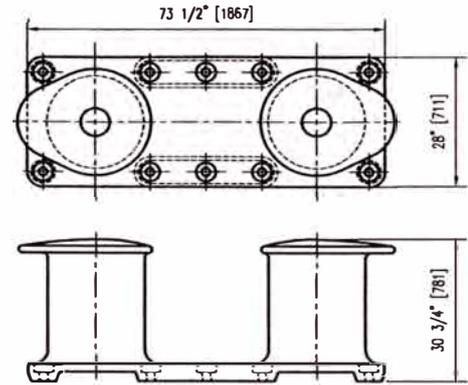
SB2251



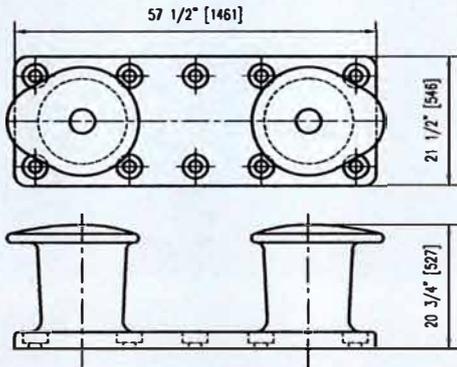
DB101



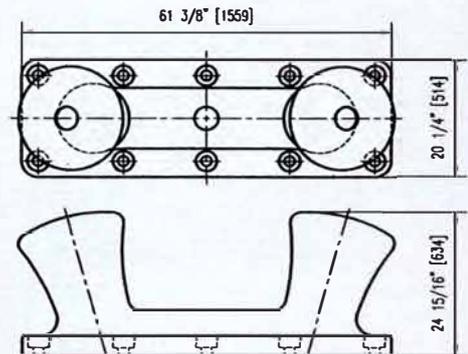
DB1002



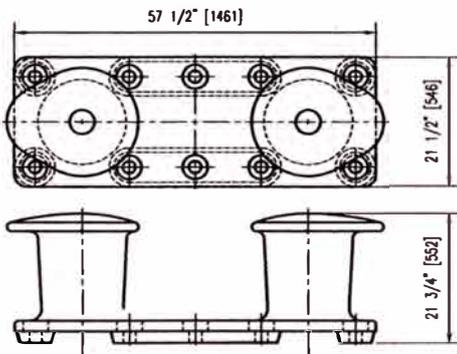
DB301



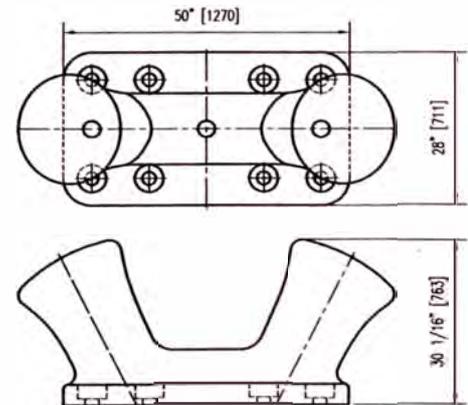
DB1003



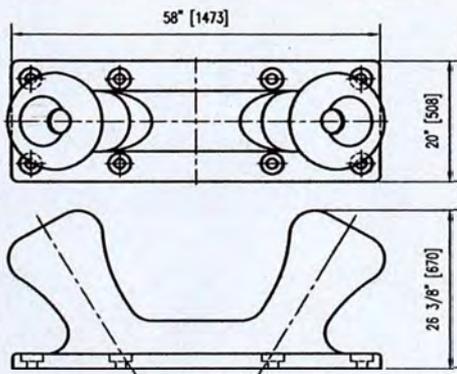
DB302



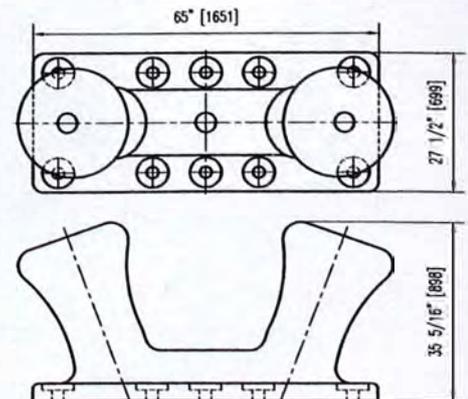
DB1501



DB1001



DB1751













WWW.MARITIME-INTERNATIONAL.COM

USA

PH: +1 337-321-4240
FX: +1 337-321-4241
USA@maritime-international.com

Latin America

PH: +1 337-321-4272
FX: +1 337-321-4241
LatAM@maritime-international.com

Middle East

PH: +971 6 747 9731
FX: +971 6 747 9732
MiddleEast@maritime-international.com

Europe

PH: +44 (0) 1579 382 469
FX: +44 (0) 870 706 2805
WesternEurope@maritime-international.com
EasternEurope@maritime-international.com

France

PH: +33 1 30 25 02 30
FX: +33 1 30 25 02 09
France@maritime-international.com

Belgium

PH: +32 2 375 36 16
FX: +32 2 575 09 47
info@maritime-international.com

China

PH: 86 10 88550346
FX: 86 10 88551702
info@maritime-international.com