

SISTEMA DE DESCARGA DE EFLUENTES (SWO)

MEMORIA DE CÁLCULO PARA AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

HOJA DE CONTROL DE REVISIONES

DOCUMENTO PRINCIPAL

| <u>REV.</u> | <u>FECHA</u> | <u>DESCRIPCIÓN</u> | <u>COMENTARIOS</u> |
|-------------|--------------|--------------------|--------------------|
| 00 | 09/01/2020 | Emisión Final | |

ANEXOS

CÓDIGO

TAL-SWO-CIV-MEM-0109Att01

CAR

Consortio PMC Talara
CPT

PROYECTO DE MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA

CALIFICACIÓN DEL DOCUMENTO:

☐ 1. APROBADO
 ☒ 4. REVISADO SIN COMENTARIOS

☐ 2. APROBADO CON COMENTARIOS
 ☐ 5. REVISADO CON COMENTARIOS

☐ 3. NO APROBADO

NOTA: LA APROBACIÓN Ó REVISIÓN DEL DOCUMENTO NO EXONERA AL CONTRATISTA DE SU RESPONSABILIDAD CON RESPECTO AL DISEÑO Y CALIDAD DE LA INGENIERÍA REALIZADA.

| CPT | |
|---|---|
| NOMBRE Antonio J. Martín Fernández CARGO Ingeniero Civil FIRMA | NOMBRE Myrva Pacheco CARGO Gerente de Ingeniería FIRMA |

FECHA: 31/08/2021

REV.

CA 00

FORMATOS

CÓDIGO

DESCRIPCIÓN

REV.

31-08-2021: Este documento cambia de estatus a RSC, según acuerdos alcanzados entre PP-CPT-COBRA_SCL en reunión del 23-Jul-2020 (Correo oficial TAL-DI-COBRA_SCL-CPT-CEL-2507 del 24-Jul-2020).

| PREPARADO | | |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| LIDER CIVIL | COORDINADOR INGENIERÍA | GERENTE INGENIERÍA |
| Edher Huincho | Grisel Montalvo | Luis Gaspard |

ÍNDICE

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | OBJETO | 3 |
| 2 | ALCANCE..... | 3 |
| 3 | DEFINICIONES | 3 |
| 4 | ACRÓNIMOS | 4 |
| 5 | REFERENCIAS | 4 |
| 6 | CÓDIGOS Y NORMAS DE APLICACIÓN | 4 |
| 7 | REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA AYUDA A LA NAVEGACIÓN | 6 |
| 7.1 | TIPO DE MARCA Y LOCALIZACIÓN | 6 |
| 7.2 | MARCA DIURNA | 6 |
| 7.3 | MARCA NOCTURNA..... | 16 |
| 7.4 | REQUERIMIENTOS PARA EL COLOR..... | 19 |
| 7.5 | CRITERIOS DE DISPONIBILIDAD Y MANTENIMIENTO | 21 |
| 8 | ANEXOS | 22 |

1 OBJETO

En este documento se definen los requerimientos funcionales y de diseño de las ayudas a la navegación del PMR de la Planta de Talara necesarias para garantizar la seguridad en la navegación en el entorno de la conducción de vertido.

2 ALCANCE

El alcance del diseño descrito en este documento es de carácter normativo y de requerimientos funcionales. Contiene las condiciones generales y requisitos mínimos para el diseño, ingeniería, suministro y fabricación del sistema de ayudas a la navegación del sistema de vertido del PMR de la Planta de Talara.

3 DEFINICIONES

- **PROYECTO:** Proyecto de Modernización Refinería TALARA / Unidades Auxiliares y Trabajos Complementarios (también identificado como UA&TC).
- **EMPLEADOR:** significa:
 - a) La persona nombrada como EMPLEADOR en este Contrato.
 - b) Los sucesores legales y cesionarios/novados legítimos del EMPLEADOR en el Contrato.
 - c) Toda persona que se convierta en Parte del presente en sustitución o conjuntamente con el EMPLEADOR y los sucesores legales y cesionarios/novados legítimos de dicha persona en el Contrato
- Para fines prácticos PETROLEOS DEL PERÚ – PETROPERÚ S.A. (también identificado como “PP”)
- **REPRESENTANTE DEL EMPLEADOR (PMC):** Se refiere al PMC o a la persona nombrada por el EMPLEADOR en el Contrato o designada de manera periódica por el EMPLEADOR conforme a la Subcláusula 3.1 [Representante del EMPLEADOR] para que actúe en representación del EMPLEADOR.
- **CONTRATISTA:** Significa la o las personas designadas como contratistas en el presente Contrato e incluye a su o sus derechohabientes y cesionarios legítimos.
- Para fines prácticos, aquel designado por PETROPERÚ como empresa adjudicataria del Contrato para la ejecución del Proyecto de Modernización Refinería TALARA / Unidades Auxiliares y Trabajos Complementarios, CONSORCIO COBRA SCL UA&TC (también identificado como COBRA SCL) o cualquiera de sus afiliadas, representantes autorizados o sucesoras)
- **LICENCIANTE DE PROCESOS:** Significa las personas jurídicas que ha suscrito contratos con el EMPLEADOR para elaborar las licencias de procesos.
- **DISEÑO FEED:** Se refiere al diseño de ingeniería básica extendida llevado a cabo por parte de Técnicas Reunidas bajo el Contrato FEED EPC.

- **EPC:** (*Engineering, Procurement & Construction*) Fase de Ingeniería Detallada, Adquisiciones y Construcción (incluye las actividades de Pre-Comisionado/Pruebas, Comisionado, Puesta en Servicio y Pruebas de Garantía)
- **ESPECIFICACIONES GENERALES DE LOS TRABAJOS A REALIZAR (MJS: *Master Job Specifications*)** Se refiere al documento que se adjunta como Anexo 2 al Contrato considerando cualquier adenda y modificaciones que se haga a dicho documento conforme al Contrato.
- **VENDEDOR/VENDOR:** Cualquier Proveedor y/o Fabricante de Equipo o Sistemas, contratado por el CONTRATISTA.
- **SUBCONTRATISTA:** Significa (i) toda persona nombrada en el Contrato como subcontratista, (ii) toda persona nombrada como subcontratista bien sea directamente por el CONTRATISTA o a un nivel inferior (incluyendo cualquier subcontratista o proveedor de Materiales) para una parte de los Trabajos, y (iii) los sucesores legales de cualquiera de lo anterior.

4 ACRÓNIMOS

- PMR: Proyecto de modernización de la refinería de Talara
- HIDRONAV: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina, Marina de Guerra del Perú
- IALA-AISM: International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities.
- CIE: Comission Internationale de l'Eclairage

5 REFERENCIAS

Este documento hace referencia a los siguientes documentos:

- TAL-SWI-CIV-STU-1003-Estudio de clima y oleaje
- TAL-SWO-CIV-DRW-2120-Ayudas a la navegación

6 CÓDIGOS Y NORMAS DE APLICACIÓN

Perú es miembro nacional de IALA-AISM (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities). Las normas y recomendaciones de la guía IALA son obligatorias para todos sus miembros nacionales, y sus normas son documentos de referencia a nivel mundial.

Concretamente dentro de la normativa internacional de la IALA se han tomado en consideración las siguientes recomendaciones y guías principales:

- MBS: Maritime buoyage system.
- 1006 Plastic Buoys.

- E-106 para el uso de material retrorreflectante en las marcas de ayudas a la navegación dentro del Sistema de Balizamiento Marítimo.
- E-108 para los colores usados en las superficies de las ayudas visuales a la navegación.
- O-139 Sobre señalización de estructuras offshore artificiales.
- O-130 on Categorisation and Availability Objectives for Short Range Aids to Navigation
- 1015 sobre pintura de boyas de ayudas a la navegación.
- 1040 sobre el mantenimiento de boyas y pequeñas estructuras de ayudas a la navegación.
- 1042 Power Sources for Aids to Navigation.
- 1043 Light sources used in visual aids to navigation.
- 1044 Secondary batteries for aids to navigation.
- 1066 Diseño de Fondeos para Ayudas a la Navegación Flotantes.
- E-110 Recommendation for rhythmic characters of lights on aids to navigation.
- IALA/AISM Navguide: IALA Aids to Navigation Manual.

En relación a la normativa local de aplicación se ha considerado:

- Reglamento de Señalización Náutica, Hidronav 5111, Dirección de Hidrografía y Navegación del Ministerio de Defensa del Perú.

HIDRONAV (Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina, Marina de Guerra del Perú) es la representante de IALA en Perú y, por tanto, la autoridad competente en Perú con respecto a la instalación, mantenimiento y aprobación de las ayudas a la navegación necesarias en la terminal.

7 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA AYUDA A LA NAVEGACIÓN

7.1 TIPO DE MARCA Y LOCALIZACIÓN

En el marco de las *Directrices y Recomendaciones de IALA*, así como del *Reglamento de Señalización Náutica, Hidronav 5111, Dirección de Hidrografía y Navegación del Ministerio de Defensa del Perú* se requerirá disponer de ayudas a la navegación que señalicen el extremo de la conducción y su tramo difusor de cara a garantizar la seguridad en la navegación.

En la siguiente figura se muestra la posición propuesta para dichas señales, concretamente una boya que marque el inicio del tramo difusor y otra que marque su extremo (ver detalle en el plano *TAL-SWO-CIV-DRW-2120*):

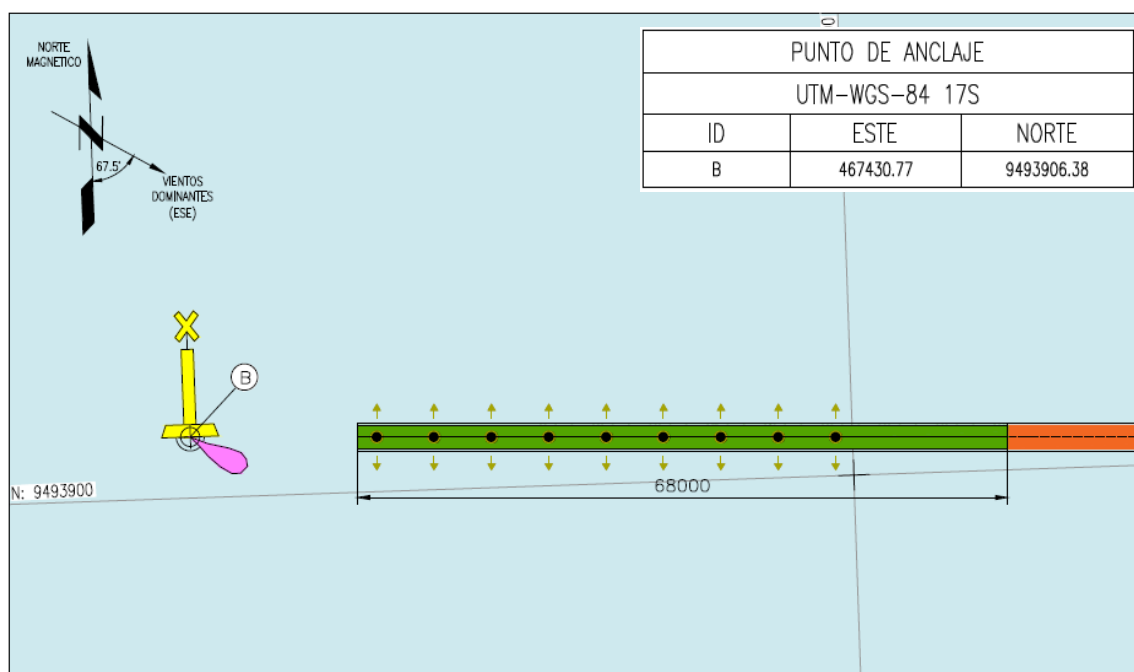


Figura 1. Localización de la ayuda a la navegación del sistema de vertido

De acuerdo a la normativa mencionada, esta ayuda a la navegación deberá consistir en una señal flotante de tipo “especial” con marca diurna y marca nocturna que cumpla las características que se describen a continuación.

7.2 MARCA DIURNA

La marca diurna de la ayuda a la navegación mostrada en la Figura 11 estará formada por una boya y su marca de tope.

7.2.1 Forma y color

La boya mencionada, al ser de tipo marca especial, de acuerdo con el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA (MBS), podrá tener cualquier forma siempre que ésta sea de color amarillo

(ver apartado 7.4) y no se preste a confusión con otras ayudas a la navegación. Puede tener por tanto forma de castillete, espeque, esfera...etc.



Figura 2. Ejemplo de boya para marca tipo “especial” según los requerimientos de la IALA

7.2.2 Marca de tope

Para la ayuda a la navegación de tipo flotante la marca de tope es obligatoria por tanto la boya mencionada en este documento deberá llevarla. El tipo, color y disposición de las marcas de tope viene fijado por el Sistema de Balizamiento Marítimo (MBS). En este caso, al tratarse de marca de tipo “especial” deberá ser un aspa amarilla 'X' o Cruz de San Andrés.

7.2.3 Rótulos

La ayuda flotante suele estar identificada por nombres, abreviaturas, letras y/o números rotulados en la estructura.

En este caso, de acuerdo al *Reglamento de Señalización Náutica, Hidronav 5111, Dirección de Hidrografía y Navegación del Ministerio de Defensa del Perú* se incluirá el pictograma “S” en color negro, pudiendo además incluir una numeración adicional en caso de que exista más de una señal en la misma zona.



Figura 3. Pictograma definido por Hidronav para marcar las boyas que indican la presencia de cables, oleoductos y conducciones submarinas

7.2.4 Tren de fondeo y anclaje de la boya

El tren de fondeo para la boya mostrada en la Figura 1 y el plano TAL-SWO-CIV-DRW-2120 se ha diseñado de acuerdo con la directriz “1066- Diseño de Fondeos para Ayudas a la Navegación Flotantes (Junio 2010)” publicada por IALA.

Considerando la energía de las acciones hidrodinámicas de diseño en la zona, junto con la necesidad de obtener un radio de borneo adecuado para la boya (de modo que la cadena no pueda quedar enganchada en alguna de las estructuras emergentes del fondo marino) se ha proyectado un amarre como el que se ilustra en la siguiente imagen:

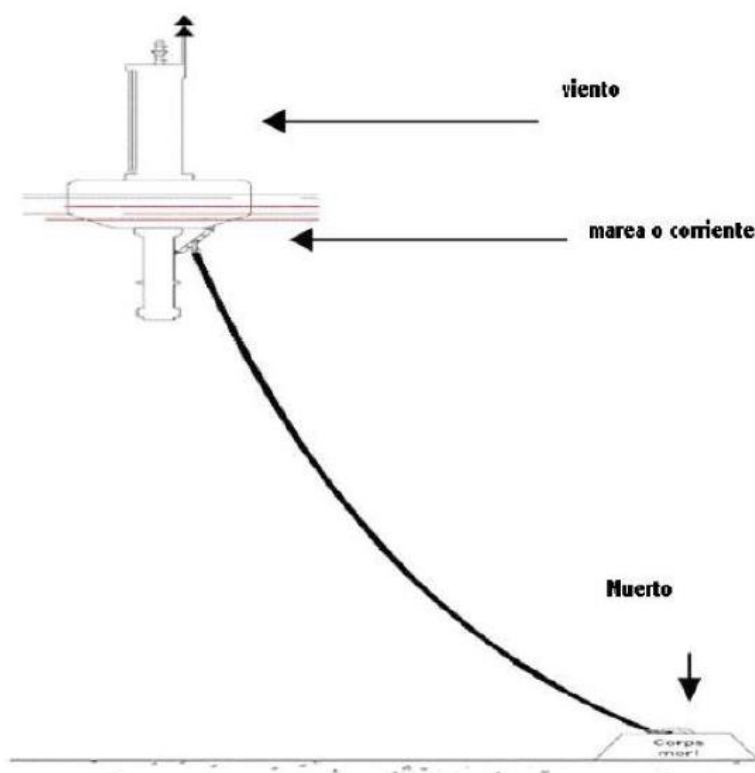


Figura 4. Esquema general del tipo de amarre proyectado

Se muestran a continuación las consideraciones realizadas y una descripción de la formulación aplicada para la determinación de los elementos principales del tren de fondeo: cadena y muerto de amarre.

- **Cálculo de cargas horizontales, Th0:**

Se han calculado las cargas horizontales a las que la boya se ve sometida por el viento y por las corrientes mediante las siguientes fórmulas:

$$T_{h0} = F_w + F_d$$

Donde,

- Th0 (N): Tensión horizontal de amarre en el punto de unión con el muerto
- Fw (N): Máxima carga debida al viento sobre la parte emergida
- Fd (N): Máxima fuerza de arrastre sobre la parte sumergida

La máxima carga debida al viento sobre la parte emergida puede calcularse como sigue:

$$F_w = \frac{1}{2} \rho_a V_w^2 A C_w$$

- ρ_a (kg/m³): Densidad del aire al nivel del mar
- Vw (m/s): Máxima velocidad de viento
- A (m²): Área de la sección transversal de la boya expuesta al viento
- Cw (adim): Coeficiente de arrastre aerodinámico de la sección transversal de la boya expuesta al viento. Los valores típicos de CW son los siguientes:
 - Cilindro 0.3 a 0.4
 - Chapa Plana 1.0
 - Celosía (ángulos) 1.2
 - Celosía (tubería) 0.3 a 0.4

La máxima fuerza de arrastre sobre la parte sumergida puede calcularse como sigue:

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_0 V^2 S C_d$$

Donde,

- ρ_0 (kg/m³): Densidad del agua de mar
- V (m/s): Máxima velocidad de la corriente

- S (m²): Área de la sección transversal de la boya expuesta a las acciones hidrodinámicas
- Cd (adim): Coeficiente de arrastre hidrodinámico de la sección transversal de la boya expuesta a las acciones hidrodinámicas. Los valores típicos de Cd son 0.55-0.65 (sin incrustaciones) según el tipo de boya.

En el caso que nos ocupa:

- La velocidad de viento empleada como parámetro de diseño ha sido la asociada a una vida útil de 5 años para el amarre (criterio habitual), que se corresponde con un periodo de retorno de 25 años, de acuerdo a la aplicación de los Criterios Generales de Proyecto según ROM 0.0, y que en este caso toma el valor de VTr25=10.5 m/s, de acuerdo al documento de proyecto TAL-SWI-CIV-STU-1003.
 - La altura de ola de diseño empleada ha sido la altura de ola significativa de periodo de retorno de 100 años, HsTr100 que en la ubicación del tramo difusor toma un valor de 4.26 m de acuerdo al documento de proyecto TAL-SWI-CIV-STU-1003.
 - La velocidad de corriente ambiental producida por el efecto de las mareas es en este caso de 0.51 m/s, de acuerdo al valor máximo en superficie para la zona de captación, obtenido de los resultados de las campañas de campo mostradas en el documento de proyecto V-0207023060-0001-A-ESTUDIO HIDROGRAFICO.
 - La geometría considerada para la boya es la mostrada en el plano TAL-SWO-CIV-DRW-2120.
-
- **Cálculo de cargas verticales, Tv0:**

La carga vertical del amarre sobre el muerto viene dada por la siguiente ecuación:

$$T_{v0} = \frac{pgH\sqrt{4T_{h0}^2 + (pgL)^2 - (pgH)^2}}{2\sqrt{(pgL)^2 - (pgH)^2}} - \frac{pgL}{2}$$

Donde,

- Th0 (N): Tensión horizontal de amarre en el punto de unión con el muerto
- p (kg/m): Masa sumergida por unidad de longitud de la cadena
- g (m/s²): Aceleración de la gravedad
- H (m): Profundidad máxima en el emplazamiento incluyendo el nivel de pleamares vivas y la mitad de la altura de ola máxima en la zona
- L (m): Longitud para la cadena del tren de fondeo

En el caso que nos ocupa:

- La profundidad respecto al nivel LAT en la ubicación del tramo difusor es de aproximadamente 8.9 m.
- La diferencia entre la LAT y la HAT o carrera de marea es de 2.68 m, de acuerdo al documento de proyecto TAL-SWI-CIV-STU-1003.

- **Comprobación de la resistencia mínima requerida para la cadena, Rc:**

La resistencia de la cadena será adecuada a las acciones en el emplazamiento siempre que su carga de prueba, en Newtons, cumpla la siguiente condición:

$$R_c \geq 5(pgH + \sqrt{T_{h0}^2 + T_{v0}^2})$$

Donde,

- Th0 (N): Tensión horizontal de amarre en el punto de unión con el muerto
- TV0 (N): Tensión vertical del amarre en el punto de unión con el muerto
- p (kg/m): Masa sumergida por unidad de longitud de la cadena
- g (m/s²): Aceleración de la gravedad
- H (m): Profundidad máxima en el emplazamiento incluyendo el nivel de pleamares vivas y la mitad de la altura de ola máxima en la zona

- **Reserva de flotabilidad de la boya, Rb:**

Para que la marca diurna instalada sea adecuada, deberá garantizarse que el cuerpo de la boya no se vea sumergido por el oleaje habitual.

$$R_b = U - \frac{M_b + pL + \frac{T_{v0}}{g}}{\rho_0}$$

Donde,

- U (m³): Volumen total del flotador
- Mb (kg): Masa total de la boya
- p (kg/m): Masa sumergida por unidad de longitud de la cadena
- L (m): Longitud para la cadena del tren de fondeo
- ρ0 (kg/m³): Densidad del agua de mar
- TV0 (N): Tensión vertical del amarre en el punto de unión con el muerto
- g (m/s²): Aceleración de la gravedad

- **Radio de borneo de la boya, Rm:**

El radio del movimiento circular de la boya alrededor de la posición del muerto puede calcularse mediante la siguiente ecuación, que se debe aplicar a las situaciones de bajamar, ya que, cuando el nivel del agua está en su punto más bajo, es cuando el radio de borneo es máximo.

$$R_m = \frac{T_{h0}}{pg} \cosh^{-1} \left(\frac{pgH_m}{T_{h0}} + \frac{\sqrt{T_{h0}^2 + T_{v0}'^2}}{T_{h0}} \right) - \frac{T_{h0}}{pg} \sinh^{-1} \left(\frac{T_{v0}'^2}{T_{h0}} \right)$$

Donde,

- Hm (m): Condición de mínima profundidad en el lugar de fondeo
- p (kg/m): Masa sumergida por unidad de longitud de la cadena
- Th0 (N): Tensión horizontal de amarre en el punto de unión con el muerto
- g (m/s²): Aceleración de la gravedad
- L (m): Longitud para la cadena del tren de fondeo
- T'V0 (N): Tensión vertical

- **Masa mínima del muerto de amarre, Mm:**

Mediante la siguiente ecuación puede determinarse la masa del muerto de amarre mínima necesaria de acuerdo a las condiciones del emplazamiento y la boya, teniendo en cuenta solamente el efecto de rozamiento con el fondo del mar, es decir, sin considerar los efectos de soterramiento y/o atrapamiento por rocas).

$$M_m \geq K \frac{T_{h0} \delta}{g(\delta - \rho_0) \tan \theta} + \frac{T_{v0}}{g}$$

Donde,

- K (adim): Coeficiente de seguridad
- Th0 (N): Tensión horizontal de amarre en el punto de unión con el muerto
- g (m/s²): Aceleración de la gravedad
- ρ0 (kg/m³): Densidad del agua de mar
- TV0 (N): Tensión vertical del amarre en el punto de unión con el muerto
- (kg/m³): Densidad media del material del muerto
- (°): Ángulo de rozamiento interno del terreno existente en el fondo del mar

Junto con los ya mencionados, se han empleado los siguientes parámetros de entrada en las ecuaciones descritas.

Tabla 1. Parámetros de diseño generales del tren de fondeo

| Parámetros de diseño generales | | |
|----------------------------------|--|-------|
| Símbolo (u.) | Descripción | Valor |
| g (m/s ²) | Aceleración de la gravedad | 9.81 |
| ρ_a (kg/m ³) | Densidad del aire al nivel del mar | 1.2 |
| ρ_0 (kg/m ³) | Densidad del agua de mar | 1025 |
| δ (kg/m ³) | Densidad media del material del muerto (concreto en masa) | 2200 |
| ϕ (°) | Ángulo de rozamiento interno del terreno existente en el fondo del mar | 35 |
| K (adim) | Coeficiente de seguridad | 1.5 |
| Parámetros de diseño específicos | | |
| Símbolo (u.) | Descripción: Boya | Valor |
| D (mm) | Diámetro del flotador de la boya | 1500 |
| A (mm) | Altura del plano focal de la boya | 2500 |
| C (mm) | Calado de la boya | 2200 |
| H (mm) | Altura total de la boya | 6100 |
| AF (mm) | Altura del flotador de la boya | 950 |
| U (m ³) | Volumen del flotador de la boya | 1.2 |
| Mb (kg) | Masa total de la boya | 400 |
| pmax (kg) | Máximo peso seco de cadena que admite la Boya | 500 |

Fuente: Elaboración propia

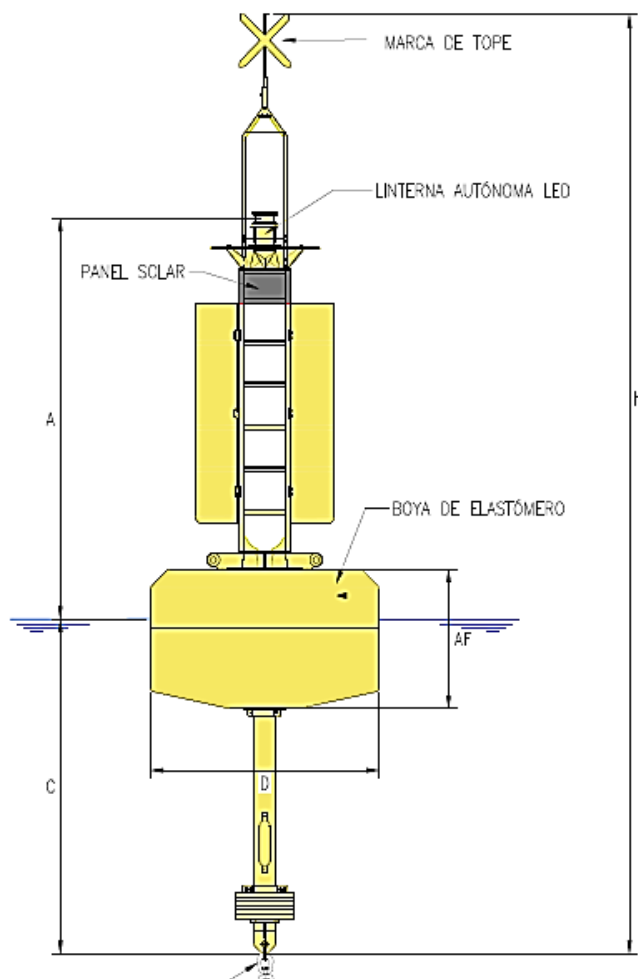


Figura 5. Parámetros de definición geométrica de la boya

En las siguientes tablas se recogen los resultados obtenidos para los elementos principales del tren de fondeo de la boya junto con la configuración final propuesta para los mismos.

Tabla 2. Resultados del cálculo del tren de fondeo

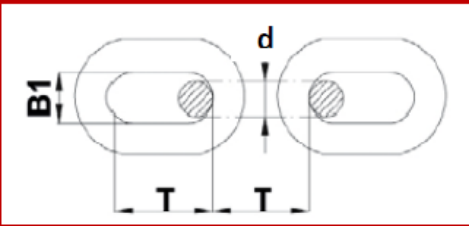
| Resultados obtenidos de acuerdo a IALA-1066 | | |
|---|---|-------|
| Símbolo (u.) | Descripción : Boya | Valor |
| Th0 (kN) | Tensión horizontal de amarre en el punto de unión con el muerto | 7.40 |
| TV0 (kN) | Tensión vertical de amarre en el punto de unión con el muerto | 3.54 |
| Rc (kN) | Resistencia mínima requerida para la cadena | 44.08 |

| | | |
|---------|---|------|
| Rb (m3) | Reserva de flotabilidad de la boya en las condiciones más desfavorables | 0.33 |
| t (m) | Altura emergida del flotador en las condiciones más desfavorables | 0.20 |
| Rm (m) | Radio de borneo máximo de la boya | 26.5 |
| Mm (kg) | Masa mínima para el muerto de amarre | 3392 |

Fuente: Elaboración propia

Considerando los resultados anteriores se ha concluido la siguiente configuración para la cadena y el muerto de amarre de la boya:

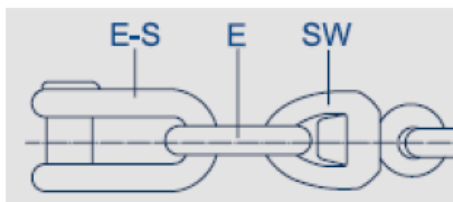
Tabla 3. Configuración final de los elementos principales del tren de fondeo

| <p>Cadena de grado 2 sin conrete galvanizado en caliente y grado 80</p>  | | |
|--|---|---------|
| Símbolo (u.) | Descripción : Boya | Valor |
| L (m) | Longitud de la cadena | Mín. 28 |
| p _{seco} (kg/m) | Peso seco por unidad de longitud de la cadena | 5.2 |
| Rc (kN) | Carga de prueba de la cadena | 66.2 |
| Rmax (kN) | Carga de rotura de la cadena | 132.3 |
| d (mm) | Diámetro de la cadena | 16 |
| T (mm) | Largo interior | 64 |
| B1 (mm) | Ancho interior | 25.6 |
| Bloque de anclaje de concreto en masa fc=35 | | |
| Símbolo (u.) | Descripción : Boya | Valor |
| L1 (m) | Largo de la base | 1.5 |
| L2 (m) | Ancho de la base | 1.5 |
| L3 (m) | Altura de bloque | 0.7 |
| M (kg) | Masa del muerto de amarre | 3465 |
| ∅ (mm) | Diámetro del gancho para izado y conexión con la cadena | 20 |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el muerto de amarre y la cadena, así como la boya y la cadena se unirán, respectivamente, mediante el uso de grilletes giratorios, grilletes de tipo D y eslabones finales conectados de la siguiente manera:

Este documento contiene información privada y no puede ser duplicado, modificado o divulgado a terceros sin el consentimiento escrito de COBRA SCL. La única copia controlada de este documento está en el Sistema Informático de Gestión Documental de COBRA SCL.



Donde,

- E-S : Manille type D (E-S “Shackle”)
- E : Chaînon final (E “End link”)
- SW : Manille tournant (SW “Swible”)

Durante la instalación deberá confirmar las coordenadas de anclaje de los equipos teniendo en consideración que el radio de borneo de la boya no interfiera en las rutas de navegación cercanas ni dañe las estructuras de captación de la planta.

7.3 MARCA NOCTURNA

Para garantizar la seguridad en la navegación tanto de día como de noche, la boya indicada deberá llevar señal luminosa. A continuación, se define la “característica” de estas luces.

7.3.1 Definición de la “característica” de la luminaria

Color: La marca nocturna de la marca especial mencionada consistirá en una luz amarilla (Y) (ver apartado 7.4).

Alcance nominal nocturno: Las luces tendrán un alcance nominal nocturno mínimo de 3 millas náuticas (3nm), criterio habitual de alcance en zonas de aproximación.

Ritmo: De acuerdo con la Recomendación *E-110-For the Rhythmic Characters of Lights on Aids to Navigation* las luces tendrán un ritmo de destellos aislados (Fl) emitiendo cada 5 s. Para una mejor visibilidad del sistema de vertido en su conjunto se recomienda que las luces de ambas boyas emitan de manera sincronizada entre sí.

Altura mínima del plano focal: Según las indicaciones de *Navguide: IALA Aids to Navigation Manual, Ed 2010* la relación entre alcance geográfico, elevación de la marca y altura del ojo del observador es la que sigue:

$$R_g = 2.03 * (\sqrt{h_0} + \sqrt{H_m})$$

- R_g : Alcance geográfico en millas náuticas
- h_0 : elevación del ojo del observador en metros
- H_m : Elevación de la marca en metros

Por tanto, para garantizar el alcance nominal nocturno de 3 nm mencionado será necesario que la luminaria tenga una altura mínima del plano focal (respecto al nivel del mar de referencia) de 2.2 m, considerando una altura mínima del observador de 0 m que sería la condición más desfavorable, ya que como puede verse en la siguiente tabla, cuanto más alto se sitúa el observador, para una misma altura de la señal, ésta es visible desde más lejos.

Tabla 4. Alcance geográfico según la altura del observador (Navguide 2010)

| Geographical Range in Nautical Miles | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Observer eye height metres | Elevation of Mark / metres | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 50 | 100 | 200 | 300 |
| 1 | 2.0 | 4.1 | 4.9 | 5.5 | 6.1 | 6.6 | 8.5 | 16.4 | 22.3 | 30.8 | 37.2 |
| 2 | 2.9 | 4.9 | 5.7 | 6.4 | 6.9 | 7.4 | 9.3 | 17.2 | 23.2 | 31.6 | 38.1 |
| 5 | 4.5 | 6.6 | 7.4 | 8.1 | 8.6 | 9.1 | 11.0 | 18.9 | 26.9 | 33.3 | 39.7 |
| 10 | 6.4 | 8.5 | 9.3 | 9.9 | 10.5 | 11.0 | 12.8 | 20.8 | 26.7 | 35.1 | 41.6 |
| 20 | 9.1 | 11.1 | 12.0 | 12.6 | 13.1 | 13.6 | 15.5 | 23.4 | 29.4 | 37.8 | 44.2 |
| 30 | 11.1 | 13.2 | 14.0 | 14.6 | 15.2 | 15.7 | 17.5 | 25.5 | 31.4 | 39.8 | 46.3 |

Fuente: Navguide: IALA Aids to Navigation Manual, Ed 2010

Intensidad: Según las indicaciones de *Navguide: IALA Aids to Navigation Manual, Ed 2010* para obtener el alcance nominal nocturno mencionado se requerirá una intensidad luminosa mínima de 15 candelas.

Tabla 5. Intensidad luminosa asociada al alcance nominal nocturno (Navguide 2010)

| Nominal Range (nautical miles) | Luminous Intensity (candela) | Nominal Range (nautical miles) | Luminous Intensity (candela) |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0.9 | 12 | 3600 |
| 1.5 | 2.4 | 13 | 5700 |
| 2 | 5 | 14 | 8900 |
| 2.5 | 9 | 15 | 14000 |
| 3 | 15 | 16 | 21000 |
| 3.5 | 24 | 17 | 32000 |
| 4 | 36 | 18 | 49000 |
| 4.5 | 53 | 19 | 73000 |
| 5 | 77 | 20 | 110000 |
| 6 | 150 | 21 | 160000 |
| 7 | 270 | 22 | 240000 |
| 8 | 480 | 23 | 360000 |
| 9 | 820 | 24 | 520000 |
| 10 | 1400 | 25 | 770000 |
| 11 | 2200 | 26 | 1100000 |

Fuente: Navguide: IALA Aids to Navigation Manual, Ed 2010

7.3.2 Fuente de luz

Se emplearán como fuentes de luz dispositivos de iluminación de estado sólido, LED (según se recomienda en *IALA Guideline 1043. On light sources used in visual Aids to Navigation*).

Éstos aportarán las siguientes ventajas al diseño:

- Eficiencia desde el punto de vista energético. No tienen corriente de entrada alta. Encendido y apagado instantáneo.
- Consistentes y resistentes a los golpes. Larga vida útil.
- Actualmente demuestran una visibilidad mejorada con la misma posibilidad de generación de luz debido al color (distribución espectral estrecha) y al destello con perfil de onda cuadrada.
- No tienen soportes de filamentos que creen sombras.
- Con los grupos o conjuntos de LED se puede reducir sustancialmente la probabilidad de que la lámpara falle completamente. No requieren un mantenimiento complejo.
- No tiene piezas mecánicas móviles.

Podrán disponerse de forma individual o en grupo de manera que se obtenga la intensidad requerida. Los LED se están utilizando en casi todo tipo de equipamientos de la ayuda a la

navegación: linternas para boyas, balizas pequeñas, luces de enfilación y las “marcas diurnas” iluminadas que pueden encerrarse en unidades selladas, etc, ya que su alcance nominal para balizas omnidireccionales es de entre 1 y 12 millas náuticas.

7.3.3 Deslumbramiento

Una luz de ayuda a la navegación puede causar deslumbramiento si es demasiado brillante para distancias cortas, especialmente cuando su plano focal está a la misma altura que el ojo el observador.

En caso de prever que pueda producirse esta situación, y cumpliendo siempre con las recomendaciones y requisitos descritos en los apartados precedentes, se procederá a realizar alguna de las siguientes acciones de manera que se llegue a un resultado satisfactorio:

- Elevar el plano focal de la luz de forma que el navegante use el halo de la luz o una parte menos intensa de la distribución vertical de la misma.
- Reducir la intensidad de la luz mediante: reducción de la luminancia de la fuente de luz, o la reducción del tamaño de la óptica o enmascarando la óptica por ejemplo con una pantalla de metal perforado o similar.
- Apantallar los arcos innecesarios de la óptica.
- Usar dos o más luces de intensidad más baja en lugar de una sola luz de intensidad tan alta.

Cualquiera que sea el método usado será necesario medir o calcular la intensidad y distribución de la luz o el sistema luminoso modificados para comprobar que se cumplen los requisitos de proyecto y las recomendaciones ya mencionadas.

7.3.4 Sistema de alimentación

La marca descrita será baliza compacta autoalimentadas con paneles solares. Deberá contar además con un sistema de alimentación secundaria que permita a la óptica tener una autonomía superior a 4 días.

7.4 REQUERIMIENTOS PARA EL COLOR

El color para las marcas especiales debe ser amarillo, tanto en la marca diurna, es decir el soporte, como en la nocturna. Esto incluye la marca de tope.

Para que el color dado a esta marca pueda ser aplicable para señalización marítima deberá cumplir las recomendaciones que la IALA ha elaborado sobre los colores de la superficie en las ayudas visuales a la navegación:

- *Recomendación de la IALA E-106 para el uso de material retrorreflectante* en las marcas de ayudas a la navegación dentro del Sistema de Balizamiento Marítimo.

- *Recomendación E-108 para los colores usados en las superficies de las ayudas visuales a la navegación.*
- *Directriz de la IALA 1015 sobre pintura de boyas de ayudas a la navegación*

Para definir un color, las recomendaciones de la IALA se apoyan en la norma CIE (Comision Internationale de l'Eclairage) sobre colorimetría. La norma CIE sobre la medida de colores se basa en tres colores de referencia (ejemplo de un sistema de tri-estímulo) que, en combinación variable, pueden generar el espectro de colores. Un color particular se describe con los símbolos X, Y, y Z que representan las proporciones de los colores de referencia.

Usando proporciones de los valores de tri-estímulos tales como $X + Y + Z = 1$ los colores pueden definirse en términos de cromaticidad usando solamente los valores $x [= X/(X+Y+Z)]$ e $y [= Y/(X+Y+Z)]$. La ventaja de este sistema es que los colores pueden convertirse en un diagrama cromático de dos dimensiones.

Los estándares de color de la CIE para la señalización marítima pueden describirse como áreas en el diagrama de cromático. Estas áreas están definidas por fronteras expresadas como funciones (ecuaciones) de X y de Y.

Si se conocen las coordenadas cromáticas de una luz de color, de un material de un filtro o de un producto de pintura, puede determinarse fácilmente si dicho color es aplicable para señalización marítima.

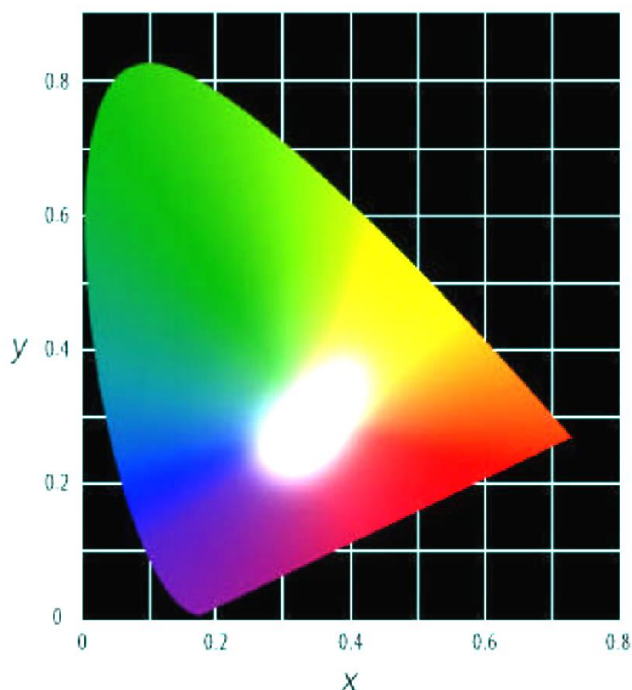


Figura 6. Ilustra las zonas de color en el diagrama de cromaticidad de la CIE de 1.931

8 ANEXOS

- Carta de entidad legisladora de señalización náutica (Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú)

Carta de entidad legisladora de señalización náutica (Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú)



PERÚ

Ministerio
de Defensa

Marina de Guerra
del Perú

Dirección de Hidrografía
y Navegación

"DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES"
"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

Callao, 18 DIC 2019

Oficio N° 3464/32



GMI-191219-012



Señor
Gerente de Proyecto GyM S.A.
Max CORREA Vigo
Av. Paseo de la República 4667
Surquillo.-

REMITENTE: MINISTERIO DE DEFENSA

ASUNTO : OFICIO N° 3464/32, ASNT: OPINION FAVORABLE SOBRE

CANTIDAD : 1

HORARIO : 12:00-15:00

TRAMITE DOCUMENTARIO
RECIBIDO

FECHA 19/12/2019

EL CARBO N° ES VALIDO SIN LA FIRMA Y HORA DE RECEPCION
(A RESECCION DEL PRESIDENTE COMENDANTE EN JEFE LA ARMADA)

Asunto: Opinión favorable sobre propuesta de señalización

Tengo el agrado de dirigirme a Ud., para saludarlo cordialmente y a la vez referirme a su carta s/n de fecha 15 de noviembre del 2019, mediante la cual solicita la opinión técnica, para la instalación de boyas de señalización náutica de DOS (2) tuberías submarinas de captación de agua de mar y UNA (1) tubería submarina para la descarga de afluentes, como sistema de ayuda a la navegación que proyecta instalar la Refinería de Talara.

Al respecto, hago de su conocimiento que esta Dirección, ha realizado la evaluación a los documentos técnicos remitidos, determinando que la propuesta de la estructura, modelo, marca de tope y color de la boya de señalización náutica se encuentran conformes.

Asimismo, a fin de mejorar la ayuda a la navegación en horas nocturnas y evitar riesgos a los navegantes de la zona, se recomienda lo siguiente, de acuerdo a lo indicado en la publicación "Manual de Ayudas a la Navegación de la IALA - IALA NAVGUIDE 209 Edición 5 del 2006":

- Luz de la linterna color amarillo.
- Alcance luminoso de TRES (3) millas náuticas (10 a 23 candelas).
- Característica 0.50 luz + 1.50 oscuridad.

Hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y deferente estima.



Atentamente

Contralmirante
Jorge PAZ Acosta

Director de Hidrografía y Navegación

EL PERÚ PRIMERO

