

OLARTEMOURE

OLARTE MOURE & ASOCIADOS LTDA.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-001318- -00008-0000

Fecha: 2013-02-13 16:29:58 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 523 RESPUESTA Folios: 17 18

Señores

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. _____ S. _____ D. _____

Juan Felipe Acosta
Andrés Rincón
Mónica Guevara
Andres Alvarado
Ella Ponce
Liliana Galindo
María Clara Calderón
Mauricio Ávila
Laura Escobar
José Jairo Dangond
Gina Cáceres
Isabella Herrera
Zaava Ravid

Medellín
María Clara Múnera

Re: Expediente No. 10-001.318

Solicitud de Patente de Invención Titulada: "PÉNDULO DESLIZANTE EN TORRES DE ALTA TENSIÓN"

Solicitante: EMPRESA DE ENERGIA DEL PACIFICO S.A. E.S.P. EPSA E.S.P.

Nuestra Ref.: P2010/000200

RESPUESTA AL OFICIO No. 17368, NOTIFICADO POR FIJACIÓN EN LISTA No. 439
DE FECHA 2 DE OCTUBRE DE 2012
(PRIMER EXAMEN DE FONDO)

CARLOS R. OLARTE, mayor de edad y vecino de Bogotá, identificado tal como aparece al pie de mi firma, en mi carácter de apoderado de la sociedad solicitante tal como consta en el documento de poder adjunto, respetuosamente solicito al Despacho recocerme personería en la presente solicitud. Me permito manifestar lo siguiente ante el auto emanado por ese Despacho, dentro del plazo legal de prórroga previsto en el artículo 45 de la Decisión 486, en los siguientes términos:

1. En primer lugar, con el ánimo de brindar mayor claridad a la materia reivindicada, me permito presentar un **Capítulo Reivindicatorio y Capítulo Descriptivo Modificados**, que reemplazan en su totalidad los presentados al momento de radicar la solicitud.

Valga anotar que las modificaciones efectuadas al Capítulo Descriptivo y al Capítulo Reivindicatorio cumplen a cabalidad con lo estipulado en el Artículo 34 de la Decisión 486, ya que éstas de ninguna manera implican una ampliación de la protección correspondiente a la divulgación contenida en la solicitud inicial.

2. a- La Examinadora sugiere presentar un nuevo Capítulo Reivindicatorio, teniendo en cuenta los principios de claridad y concisión indicados en la Decisión 486. La Examinadora señala que las reivindicaciones deben ser lo suficientemente claras y concisas para permitir la comparación y diferenciación con el estado de la técnica. La Examinadora hace una serie de recomendaciones y anexa un archivo como ejemplo dando pautas y parámetros para redactar nuevamente las reivindicaciones.

b- Considero superada la anterior objeción, en tanto que el Capítulo Reivindicatorio Modificado ahora cumple con los requisitos legales exigidos por la Decisión 486, pues se han seguido las sugerencias dadas por la Examinadora en cuanto a la claridad, definición, sustento en el Capítulo Descriptivo y concisión.

El Capítulo Reivindicatorio ahora reclama específicamente un dispositivo para desencadenar la interrupción de una línea eléctrica en una estructura de conducción que comprende:

- un péndulo; y
- un riel sobre el cual se desliza el péndulo;

donde el riel está perpendicular a la línea eléctrica y el deslizamiento del péndulo a lo largo del riel lo acerca a un componente de la línea eléctrica, permitiendo generar un corto circuito.

3. a- La Examinadora argumenta que el Capítulo Descriptivo se encuentra afectado por falta de claridad pues existen errores de digitación, redacción y/o traducción. La Examinadora señala que se deben hacer conversiones al Sistema Internacional de medidas de las unidades. La Examinadora hace una serie de recomendaciones para la redacción adecuada del Capítulo Descriptivo y anexa un archivo con ejemplos para seguir parámetros de redacción de la Descripción.

Finalmente, la Examinadora argumenta que las modificaciones no deben contener ampliaciones al objeto inicialmente divulgado.

b- Considero superada esta objeción, en tanto el Capítulo Descriptivo adjunto suple los requisitos legales exigidos por la Decisión 486 de suficiencia, claridad y definición. El Capítulo Descriptivo Modificado adjunto toma en cuenta las sugerencias y acotaciones de la Examinadora en su Examen de Fondo. Las modificaciones hechas al Capítulo Descriptivo se dirigieron a seguir un formato general de redacción de patentes en donde se estructura el documento en las siguientes secciones:

- i) Resumen;
- ii) Sector tecnológico de la invención;
- iii) Estado del arte;
- iv) Descripción de los gráficos;
- v) Breve descripción de la invención;
- vi) Descripción detallada de la invención;
- vii) Reivindicaciones; y
- viii) Figuras.

Valga a notar que los límites de la información contenida en la solicitud de patente inicialmente presentada fueron tomados en cuenta como base para reescribir y reorganizar cada sección del Capítulo Descriptivo, y describir en detalle cada uno de los elementos inicialmente divulgados tanto en las figuras como en la Descripción.

Se han incluido números de referencia para cada uno de los elementos ilustrados en las figuras, siguiendo un orden específico y sin repeticiones. Igualmente, se han modificado las unidades al Sistema Internacional de Medidas. Finalmente, las Figuras se han modificado para cumplir con el requisito de claridad.

4. a- La Examinadora argumenta que no existen documentos en el estado del arte que anticipen el objeto de la presente invención.

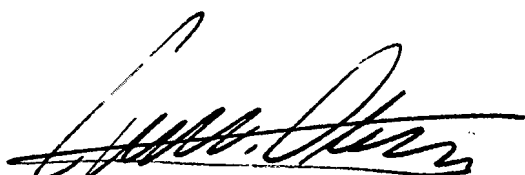
b- Agradezco la apreciación de la Examinadora en cuanto a su opinión de que no existen documentos que afecten la patentabilidad de la presente invención.

OLARTEMOURE

OLARTE MOURE & ASOCIADOS LTDA.

5. Por todo lo anterior, considero que las objeciones presentadas por la Examinadora en su primer examen de fondo han sido resueltas y por consiguiente solicito respetuosamente que el Despacho tenga por cumplidos los requisitos de patentabilidad y proceda con la concesión de la patente.

Atentamente,



CARLOS R. OLARTE

C.C. No. 79.782.747 de Bogotá

T.P. 74.295

Anexos: Capítulo Descriptivo Modificado.
Capítulo Reivindicatorio Modificado.

OLARTEMOURE

OLARTE MOURE & ASOCIADOS LTDA.

Señores

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

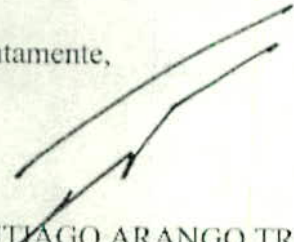
DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. _____ S. _____ D. _____

PODER ESPECIAL

El suscrito, SANTIAGO ARANGO TRUJILLO, mayor de edad, obrando en representación de EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P. (en adelante EPSA), en mi condición de representante legal según lo acredito con el certificado de existencia y representación legal que adjunto, por medio del presente escrito otorgo a **Carlos R. Olarte**, poder especial, amplio y suficiente para tramitar la solicitud de Patente de Invención titulada: **"PENDULO DESLIZANTE EN TORRES DE ALTA TENSION"** Expediente No. 10-001.318., a cuyo efecto lo faculta para dar todos los pasos necesarios ante la Superintendencia de Industria y Comercio y ante cualquier autoridad administrativa o judicial de cualquier jerarquía para cumplir con lo encomendado, elevar solicitudes, recursos, respuestas y oposiciones, pagar impuestos y anualidades, solicitar testimonios, recibir documentos y valores, desistir y percibir. Se concede poder suficiente para recibir notificaciones a nombre de EPSA, otorgar poderes a quienes la vayan a representar administrativa, judicial y extrajudicialmente, responder en juicio a todas las reclamaciones o demandas que por motivo de lo encomendado se presentaren, dándoles asimismo facultad para sustituir el presente y revocar dichas sustituciones.

Atentamente,


SANTIAGO ARANGO TRUJILLO
C.C. N° 94.153.164 de Tuluá

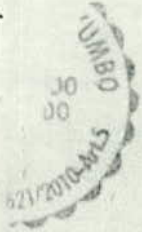


Carlos R. Olarte
Juan G. Moure

Alexander Aguado
Carlos A. Parra
Juan Felipe Acosta
Andrés Rincón
Mónica Guivara
Andrés Alvarado
Ella Ponce
Liliana Galindo
María Clara Calderón
Mauricio Ávila
Laura Escobar
José Jairo Dangond
Gina Cáceres
Isabella Herrera
Zaava Ravid

Medellín
María Clara Múnera

16



República de Colombia

Papel de seguridad para diligencias notariales

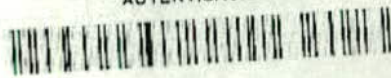


REPÚBLICA DE COLOMBIA
DILIGENCIA DE PRESENTACIÓN PERSONAL
Y RECONOCIMIENTO
Al Despacho de la Notaria Unica de Yumbo compareció

02

168663

NOTARIA UNICA YUMBO
AUTENTICACION



SANTIAGO ARANGO TRUJILLO
C.C. 94.153.164

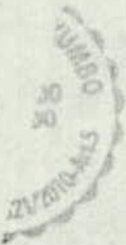
Fecha:
27/02/2013

Hora:
02:33 p.m.

y manifestó que el contenido de este documento
es cierto y que lo firma y lo presta en el puesto
son suyas

Declarante Firma y

Notario Unica de Yumbo



REPUBLICA DE CHILE

Ministerio de Justicia



Valor del giro

de mil pesos - valor

EN BLANCO

Notaría Unica del Circulo
de Valparaiso

EN BLANCO

PÉNDULO DESLIZANTE EN TORRES DE ALTA Tensión

RESUMEN

La presente invención divulga un sistema de protección de electrocución en torres de energía en donde se desconecta la línea de transporte de energía eléctrica antes de que sus cables conductores puedan llegar a tocar algún elemento vivo o una construcción.

1. Sector Tecnológico de la Invención.

Este invento está relacionado con el sector de la construcción de redes aéreas de energía eléctricas y con las protecciones de estas ante fallas a tierra.

2. Estado del Arte

Existen varios problemas que dificultan el normal desarrollo de la actividad de transporte y distribución de energía eléctrica en estructuras aéreas. Uno de ellos es la actuación de la guerrilla sobre esta infraestructura con las voladuras de las torres; otro es la invasión de los corredores de seguridad o zonas de servidumbre por parte de personas que no han podido acceder a una vivienda en la ciudades; el tercer problema es la erosión que puede presentarse en el terreno donde está ubicada una estructura de transporte de energía eléctrica.

Los problemas expuestos pueden coincidir en el tiempo produciendo un efecto catastrófico para las personas que invaden ese corredor, así como para cultivos productivos que se dan en las franjas de las líneas de transporte y para animales que pastan en las mismas. Se ha encontrado que algunas incursiones guerrilleras han estado a punto de producirlo.

En relación con las amenazas por parte de guerrilla, hay entidades transportadoras que han creado grupos de estudio con el ánimo de mitigar el efecto de las cargas explosivas en las estructuras, pero hasta la fecha no se logrado un resultado totalmente eficaz.

En cuanto a las servidumbres (zona debajo de las redes de transporte de energía), este es un problema generalizado en Colombia, por la gran cantidad de líneas sin servidumbres legalizadas, ni estandarizadas. Con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) se estableció un corredor de servidumbre que tiene que ser respetado, dándole un

carácter legal a este tema, pero las invasiones anteriores a la publicación del RETIE continúan siendo un problema. La dificultad con erosión en las bases de las estructuras es un tema que las empresas deben afrontar con un plan certero de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

5

Por lo anterior, se debe entender que existe una alta posibilidad de que una construcción de redes aéreas de energía caiga y sus conductores eléctricos lo hagan sobre algún ser vivo, pues la línea energizada sólo desengancha el interruptor en la subestación una vez toque tierra o un elemento sobre la tierra, que puede ser una persona, una animal, una planta o una casa. Es decir cuando la corriente haya circulado a tierra y haya incinerado por electrocución lo que estaba a su paso.

10

Los elementos de protección en la subestación, llámense relés, son muy modernos y de tecnología numérica, además de rápidos y actúan en milisegundos desconectando la corriente eléctrica, pero no bastan para detener la que circula a tierra, la que puede ser causa de muerte o incendios.

15

Habría que cubrir ese espacio de tiempo entre el inicio de la caída de la estructura y el de actuación de los equipos de protección.

20

3. Descripción de los gráficos.

La **Figura 1** muestra una vista frontal del péndulo (21) como un elemento sólido unificado.

25

La **Figura 2 (a)** muestra una vista superior del péndulo, sus componentes y como deben ser unidos para que pueda cumplir con la función que debe ejecutar.

La **Figura 2 (b)** muestra una vista frontal del péndulo, sus componentes y como deben ser unidos para que pueda cumplir con la función que debe ejecutar.

La **Figura 2 (c)** muestra una vista lateral del péndulo, sus componentes y como deben ser unidos para que pueda cumplir con la función que debe ejecutar.

30

La **Figura 3** muestra una vista isométrica general del riel (22), tratándolo como un elemento sólido y unificado.

35

La **Figura 4** muestra una vista isométrica del riel (22), donde se observan los elementos constitutivos con su respectiva denominación. Los ángulos necesarios para que el péndulo (21) se deslice por ellos, también los ángulos para fijar a la torre y los tornillos de fijación a la estructura de la torre.

La **Figura 5** muestra una vista de un detalle de la parte superior del péndulo (21), donde se puede ver cómo se instala la varilla lisa (6) y las arandelas (5) en la varilla de anclaje (1)

La **Figura 6** muestra una vista de un detalle del arreglo necesario para la instalación del péndulo (21) en el riel (22), donde se pueden ver los elementos constitutivos y de sujeción del riel a la torre y del péndulo (21) al riel (22).

La **Figura 7** muestra una vista superior del brazo de la torre y del conjunto péndulo (21) y riel (22), que ilustra la posición de los ángulos tornillos, bloque de cemento (2).

La **Figura 8** muestra una vista lateral del brazo de la torre, en la que se puede ver el péndulo (21) colgante y el riel (22) perpendicular a la línea eléctrica y en su mismo plano, por donde se desliza el péndulo, así mismo se ve el ensamble de los componentes del péndulo deslizante con la torre.

La **Figura 9** muestra una tabla con la lista de números de referencia de los elementos mostrados en las figuras.

4. Breve descripción de la invención

La presente invención divulga un sistema de protección de electrocución en torres de energía en donde se desconecta la línea de transporte de energía eléctrica antes de que sus cables conductores puedan llegar a tocar algún elemento vivo o una construcción.

Para lograr este objetivo, se ha diseñado un elemento en forma de péndulo que está sujeto y colgante en uno de los brazos de las estructuras de transporte, justo en la base del mismo brazo y tiene la posibilidad de deslizarse por medio de un riel hasta la punta del brazo, donde está ubicada la cadena de aisladores de la línea. La fuerza impulsora necesaria para que el recorrido del péndulo se efectúe es la gravedad. Una vez la estructura empieza a caer, el dispositivo del presente invento se deslizará por el riel hasta la cadena de aisladores donde se encuentra el cable conductor de energía, a medida que la inclinación de la estructura aumenta, la velocidad del péndulo aumenta y llega a una distancia tal del cable conductor, que vence la capacidad de aislamiento del aire y hará que se produzca el arco eléctrico entre el péndulo, conectado a la estructura a través del riel, y el cable conductor de la línea. Este arco hace que las protecciones ubicadas en las subestaciones de donde parte la línea, actúen desconectando el interruptor de la misma y quitando la corriente circulante por el cable conductor.

Esa desconexión debe efectuarse antes de que el cable de la estructura en caída toque algún elemento en tierra. De esta manera, al caer el cable conductor no estaría energizado y no se produciría el efecto de electrocución cumpliendo la finalidad para la cual la invención se desarrolló.

5. Descripción Detallada de la Invención

Las protecciones eléctricas de las líneas de transporte de energía eléctrica están diseñadas para interrumpir el fluido eléctrico al presentarse una falla. Las fallas se pueden presentar en los siguientes casos: en donde alguno de sus cables conductores hace contacto con tierra o donde dos o tres de los cables hacen contacto entre sí o donde los tres cables toquen tierra, o dos de ellos lo hagan. En el momento en que alguna de esas fallas se presenta, el interruptor de la subestación o subestaciones asociadas a la línea actuará en milisegundos para hacer la desconexión.

Cuando una estructura de transporte de energía cae, ya sea por cualquier razón, como un atentado contra ella, o por deterioro de su base, o acción del viento, se presenta una falla de las descritas en el párrafo anterior, la cual es despejada por los equipos de la subestación. La necesidad de proteger a elementos que pudieran estar entre la tierra y los cables conductores da origen al objeto de la presente invención, que se describirá a continuación.

A continuación se ejemplifica una de las realizaciones del presente invento, lo que de ninguna manera debe considerarse limitativo del alcance de la invención, el que se compone de dos elementos, a saber:

Haciendo referencia a la Figura 1, muestra el péndulo (21). La Figura 2, muestra tres vistas del péndulo (21), una vista superior (a), una frontal (b) y una lateral (c) que se construye con un bloque de concreto (2) con un agujero en la mitad que lo atraviesa de lado a lado, una varilla lisa galvanizada en caliente para anclaje (1) que en modalidades preferidas puede ser de una medida de 15,875 mm y 1,80 m de longitud, con un ojo en un extremo y un tornillo roscado en el otro. Esta varilla (1), se introduce en el agujero del bloque por el extremo del tornillo roscado; una tuerca cuadrada galvanizada en caliente (3) que en la modalidad preferida es de 10,16x 10,16 cm, se instala con dos tuercas (4) en el extremo roscado de la varilla (1)

Para armar el péndulo, se requiere de dos partes, la primera consiste en roscar la varilla (1) con un tornillo roscado para que sostenga el bloque de concreto (2). La segunda parte del péndulo consiste en otra varilla lisa galvanizada (6), que en la modalidad preferida es de 15,875 mm que se atraviesa por el ojo de la varilla (1) y se suelda a esta en la mitad de la primera, formando así una T. En la varilla pequeña (6) se sueldan arandelas galvanizadas en caliente (5) equidistantes del centro, las cuales deslizarán sobre la otra parte del conjunto, es decir el riel (22). Así queda armado el péndulo (21).

9

La segunda sección del presente invento corresponde al riel (22), consiste en un arreglo de dos ángulos galvanizados en caliente (12), paralelos separados una distancia igual a la separación de las arandelas (5) soldadas en la varilla horizontal del péndulo (21); los
5 ángulos (12) se instalan en la parte horizontal e inferior del brazo (15) de la torre sujetándolos a la misma por medio de platinas (10) y tornillos galvanizados en caliente (7), (16) de tal forma que entre la punta del riel (22), que va unido a la punta del brazo de la torre (19) y el otro extremo de éste, es decir la parte más cercana al cuerpo de la estructura de la torre, haya un ángulo de inclinación positivo con respecto al vértice entre el riel y la
10 horizontal, por ejemplo de 2º, el cual evita que con la acción del viento, el péndulo se dirija hacia la punta del brazo y haga contacto con el cable, provocando una desconexión innecesaria de la línea.

El péndulo (21), puede deslizarse a lo largo del riel (22), libremente pues no necesita
15 rodamientos. Al armar las dos partes, es decir, después de introducir el péndulo (21) por medio de los dos ángulos paralelos (12), tal que las arandelas soldadas (5), a la varilla lisa (6), queden sostenidas por dichos ángulos. Se debe asegurar que el péndulo (21), no pueda salir por medio de los dos ángulos paralelos (12), para evitar que, una vez instalado, caiga por acción del viento u otro factor externo.

La realización de la invención debe ser adaptada a cada tipo de estructura de torre, ya que
20 éstas pueden variar en cuanto a longitud del brazo, cadenas de aisladores, si es de retención o de suspensión, factores que influirán en las dimensiones de los elementos constitutivos de la invención, mas no en su funcionamiento.

El conjunto péndulo (21) – riel (22) permanece horizontal, con una pequeña inclinación
25 para evitar que el viento impulse el péndulo hacia el extremo del brazo (19) de la estructura de la torre. En el momento en que la torre empieza a caer, sea por efecto de una voladura, erosión o desmantelamiento, ésta se inclina y el conjunto péndulo (21)–riel (22) se mueve
30 con la torre.

Como el péndulo (21) no está sujeto a la torre empezará a deslizarse en el sentido de caída de la misma, una vez vencida la fuerza de rozamiento entre las arandelas soldadas (5) a la
35 varilla lisa (6), y los ángulos del riel (12), aprovechando la fuerza de la gravedad y la inclinación de la estructura.

Así el péndulo llegará hasta el extremo del brazo, venciendo la distancia de seguridad

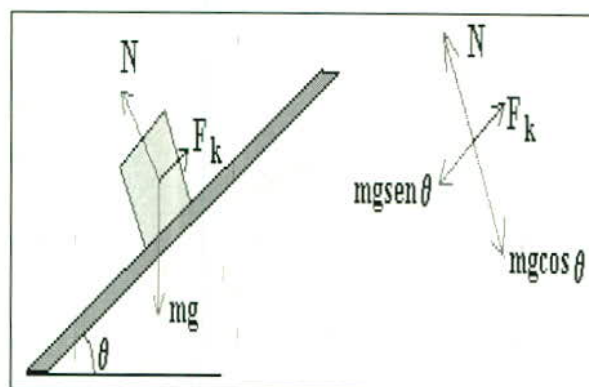
eléctrica entre el cable conductor energizado y la estructura a través del péndulo (21),. En este punto las protecciones eléctricas de la línea actuarán produciendo la desconexión de la misma.

- 5 El tiempo de recorrido del péndulo (21), desde su posición inicial, cercana al cuerpo de la estructura, es mucho menor que el tiempo de caída de la estructura. Por tanto, los cables conductores llegarán al suelo o a hacer contacto con viviendas, animales o casas, totalmente desenergizados, ya que esta desconexión se produce cuando el péndulo (21), está cerca de los cables (haya vencido la distancia mínima de aislamiento en el aire). De
10 esta manera se elimina el riesgo de electrocución o incendio por arco eléctrico.

- El funcionamiento de la invención parece estar garantizado, pero para estar seguros de él, se desarrollaron dos pruebas que ayudarían a demostrarlo. Una es una demostración matemática, donde se analiza el movimiento de caída de la estructura y el desplazamiento
15 del péndulo (21), mediante el cual se quiere probar que el tiempo empleado por el péndulo (21) en llegar al extremo del brazo (20), es menor que el tiempo que emplea la torre en llegar al suelo. La otra prueba es una simulación, donde se emplea la parte recta del brazo de la estructura (15), se instala la invención y se toma el tiempo que tarda en llegar a la punta del brazo. Una simulación en vivo del funcionamiento implicaría la destrucción de
20 una estructura, por lo que esta no se efectuó.

DEMOSTRACIÓN MATEMÁTICA:

Toda la situación en la torre con el péndulo se asemeja a un plano inclinado:



25

Plano Inclinado

Fuerzas que actúan sobre el bloque :

- mg : **Peso**
 - N : La reacción del plano inclinado ó **Normal**
 - F_k : **Fuerza de rozamiento**, opuesta al movimiento.
- 30

Como hay equilibrio en sentido perpendicular al plano inclinado,

9 10

$$N = mg \cdot \cos \theta$$

$$F_k = mg \cdot \sin \theta$$

5 Como el bloque se está moviendo la fuerza de rozamiento es igual al producto del coeficiente de rozamiento cinético por la fuerza normal.

$$F_k = \mu_k N$$

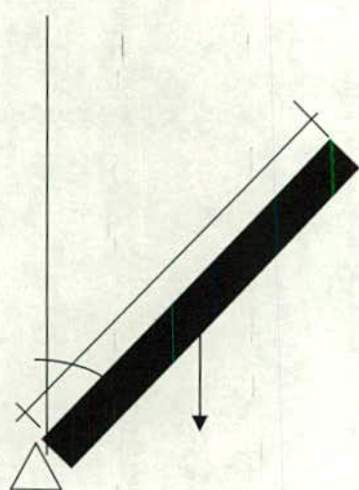
El coeficiente de rozamiento por deslizamiento que viene dado por la tangente del ángulo que forma el plano inclinado con la horizontal. Este ángulo es el **ángulo crítico**.

$$\mu_k = \tan \theta$$

10 El coeficiente de rozamiento estático para el zinc con zinc es =0.2, es decir que:

$$0.2 = \tan \theta \quad \text{o} \quad \theta = \tan^{-1} 0.2 \quad \text{entonces} \quad \theta = 11.3^\circ$$

La torre se asemejará a una varilla de igual masa y de igual altura, esto simplifica los cálculos.



$$M = mg \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin \theta$$

$$I_0 = \frac{1}{3} \cdot L^2 \cdot m$$

$$M = \alpha \cdot I_0$$

- 15
- M : Momento Angular.
 - m : Masa de la torre.
 - g : Gravedad.
 - I_0 : Momento de Inercia.
 - L : altura de la torre al 1er conductor.
- 20
- α : Aceleración Angular.

La aceleración angular de la varilla que cae depende de la gravedad y del ángulo que vaya formando con el suelo:

$$\alpha = \frac{M}{I_0}$$

$$\alpha = \frac{m * g * \frac{L}{2} * \text{sen} \theta}{\frac{1}{3} * m * L^2}$$

$$\alpha = \frac{3 * g}{2 * L} * \text{sen} \theta$$

- La energía el sistema es igual a la energía potencial de la varilla que se convierte en energía cinética
- ω : velocidad angular

$$E = m * g * \frac{L}{2} * \text{Cos} \theta_0$$

$$E = \frac{1}{2} * \left(\frac{1}{3} * m * L^2 \right) * \omega^2 + m * g * \frac{L}{2} * \text{Cos} \theta$$

$$m * g * \frac{L}{2} * \text{Cos} \theta_0 = \frac{1}{6} * m * L^2 * \omega^2 + m * g * \frac{L}{2} * \text{Cos} \theta$$

$$g * \frac{L}{2} * \text{Cos} \theta_0 = \frac{1}{6} * L^2 * \omega^2 + g * \frac{L}{2} * \text{Cos} \theta$$

$$\omega^2 = 3 * \frac{g}{L} * (\text{Cos} \theta_0 - \text{Cos} \theta)$$

- 10 • La velocidad angular es la derivada del ángulo con respecto al tiempo
- Se despeja el tiempo para aproximarse al tiempo de caída de la torre sola

1011

$$\omega = \sqrt{3 * \frac{g}{L} * (\cos \theta_0 - \cos \theta)}$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \sqrt{3 * \frac{g}{L} * (\cos \theta_0 - \cos \theta)}$$

$$dt = \frac{d\theta}{\sqrt{3 * \frac{g}{L} * (\cos \theta_0 - \cos \theta)}}$$

$$dt = \sqrt{\frac{L}{3 * g}} * \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta_0 - \cos \theta}}$$

$$t_T = \sqrt{\frac{L}{3 * g}} * \int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta_0 - \cos \theta}}$$

El tiempo total se consigue integrando dt , entre un ángulo inicial y $180^\circ (\pi/2)$.

$$t = \int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta_0 - \cos \theta}}$$

$$\cos 2a = \cos^2 a - \sin^2 a \quad ; \quad \cos^2 a + \sin^2 a = 1$$

$$\cos \theta_0 = \cos^2 \frac{\theta_0}{2} - \sin^2 \frac{\theta_0}{2} = \cos^2 \frac{\theta_0}{2} - 1 + \cos^2 \frac{\theta_0}{2}$$

$$\cos \theta_0 = 2 * \cos^2 \frac{\theta_0}{2} - 1$$

$$\cos \theta = \cos^2 \frac{\theta}{2} - \sin^2 \frac{\theta}{2} = \cos^2 \frac{\theta}{2} - 1 + \cos^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\cos \theta = 2 * \cos^2 \frac{\theta}{2} - 1$$

$$\cos \theta_0 - \cos \theta = \cos^2 \frac{\theta_0}{2} - \cos^2 \frac{\theta}{2}$$

$$t = \int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos^2 \frac{\theta_0}{2} - \cos^2 \frac{\theta}{2}}} \quad \text{si} \quad \sin \varphi = \frac{\cos \frac{\theta}{2}}{k}$$

$$y \quad k = \cos \frac{\theta_0}{2}$$

$$\theta = 2 * \arccos (k * \sin \varphi)$$

$$\theta = 2 * \arccos (k * \sin \varphi)$$

$$d\theta = \frac{-2 * k * \cos \varphi \, d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 * \sin^2 \varphi} * k * \cos \varphi}$$

$$d\theta = \frac{2 \, d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 * \sin^2 \varphi}}$$

$$t_T = \sqrt{\frac{2L}{3g}} \int_{\varphi_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 * \sin^2 \varphi}}$$

- 5 Se ha obtenido la expresión para el tiempo total de caída de la torre.

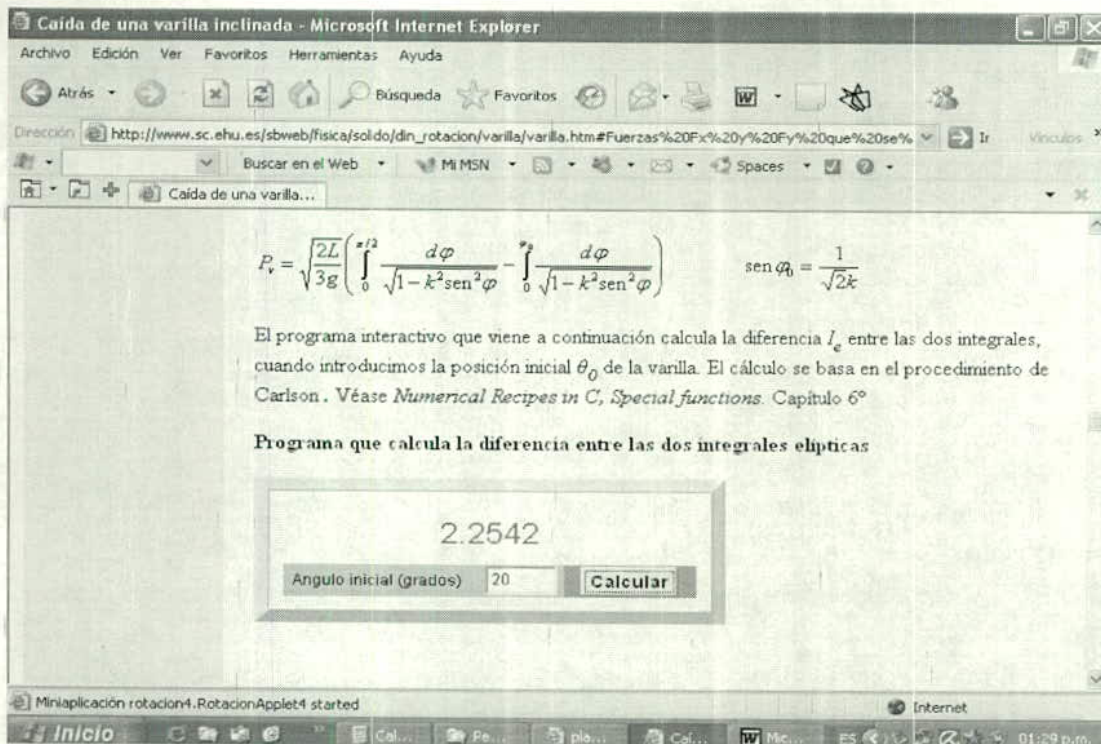
Para facilidad del cálculo esta integral se expresa como la diferencia entre la integral elíptica completa y la integral elíptica de primera clase.

$$t_T = \sqrt{\frac{2L}{3g}} \left(\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 * \sin^2 \varphi}} - \int_0^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 * \sin^2 \varphi}} \right)$$

- 10 Que es la expresión final del tiempo que tarda la torre en caer al suelo.

Un programa interactivo resuelve la diferencia entre las integrales elípticas dándole un ángulo inicial de partida. El método que utiliza es el Procedimiento de Carlson.

1/2



$$t_T = \sqrt{\frac{2L}{3g}} * 2.2542$$

$$t_T = \sqrt{\frac{2 * 25}{3 * 9.8}} * 2.2542$$

$$t_T = 2.94 \text{ sg}$$

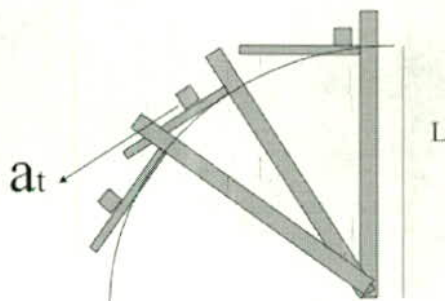
- 5 Este es el tiempo que tardaría en caer la torre hasta que un brazo toque tierra.

Se debe calcular el tiempo en el que el Péndulo llegue a la punta del brazo.

A partir de los 11.3° el pendulo empieza a moverse, la aceleración que le imprime el movimiento es la aceleración tangencial a_t :

- 10 ☐ aceleración angular

$$a_t = L * \alpha$$



Como $L=20\text{m}$ y $\theta = 11.3^\circ$ se tiene:

$$a_t = 20 * \frac{3g}{2*20} * \text{sen } 11.3^\circ$$

$$a_t = 2.88 \frac{m}{sg}$$

$$\alpha = \frac{2.88 \frac{m}{sg}}{20 m}$$

$$\alpha = 0.144 \frac{rad}{sg}$$

Ahora:

$$v^2 = v_0^2 + 2 a_t * x$$

$$v^2 = 2 * 2.88 \frac{m}{sg} * 3m$$

$$v^2 = 4.22 \frac{m}{sg}$$

$$\omega = v / L$$

$$\omega = \frac{4.22 \frac{m}{sg}}{20} = 0.21 \frac{rad}{sg}$$

5

donde:

- V : velocidad final de péndulo
- Vo: Velocidad inicial = 0
- X :Longitud del brazo
- ω : Velocidad angular

10

Por otra parte:

$$x = v_0 * t + \frac{1}{2} * a_t * t^2$$

13

x :Longitud del brazo

t : tiempo en que recorre el brazo a la velocidad calculada

Se tomará inicialmente una longitud de brazo de 3 m.

$$3m = 4.16 \frac{m}{sg} * t + \frac{1}{2} * 2.88 \frac{m}{sg^2} * t^2$$

$$t = \frac{-4.16 \pm \sqrt{4.16^2 - 4 * 2.88 * (-3)}}{2 * 2.88}$$

$$t_1 = 0.56 \text{ sg}$$

$$t_2 = -3.5 \text{ sg}$$

5

t_1 es el tiempo válido. Tiempo de recorrido del péndulo hasta la punta del brazo de la estructura.

- Tiempo de caída de la torre = 2.94 sg
- 10 • Tiempo de recorrido del péndulo = 0.6 sg

De esto se concluye que el péndulo desconectará la línea mucho antes de que el cable toque algún elemento en contacto con el suelo.

- 15 La segunda prueba que se realizó para probar el funcionamiento de la invención fue el montaje de un brazo de una torre, pero sólo con los componentes inferiores, es decir donde iría instalado el invento.

20 En esta prueba se tomarían dos datos básicos para comprobar el resultado obtenido de las fórmulas matemáticas:

Angulo Crítico: Ángulo de inclinación del brazo en el que el péndulo vence la fuerza de rozamiento y empieza a deslizarse.

Tiempo de Recorrido: Tiempo empleado entre la posición inicial en reposo del péndulo y su llegada a la punta del brazo.

25

ÁNGULO CRÍTICO	
Nº de Ensayo	Angulo en Grados
1	12
2	11

3	13
---	----

TIEMPO DE RECORRIDO	
Nº de Ensayo	Tiempo en sg.
1	1
2	0,8
3	1,7

- Los ensayos efectuados están cercanos a los teóricos, la diferencia se basa en que el ensayo se acerca a las condiciones reales, pero no son las mismas, ya que la aceleración tangencial de la estructura imprimiría una velocidad adicional al péndulo, situación esta que no se presenta en los ensayos.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para desencadenar la interrupción de una línea eléctrica en una estructura de conducción que comprende:

- un péndulo; y
- un riel sobre el cual se desliza el péndulo;

donde el riel está perpendicular a la línea eléctrica y el deslizamiento del péndulo a lo largo del riel lo acerca a un componente de la línea eléctrica, permitiendo generar un corto circuito.

2. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde la estructura de conducción es una torre de energía.

3. El dispositivo de la Reivindicación 2, donde el riel está dispuesto sobre un brazo de la torre de energía.

4. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el riel tiene un ángulo de inclinación positivo con respecto al vértice entre el riel y la horizontal.

5. El dispositivo de cualquiera de las anteriores reivindicaciones, donde el deslizamiento del péndulo se efectúa por la fuerza de gravedad.

FIGURA 1

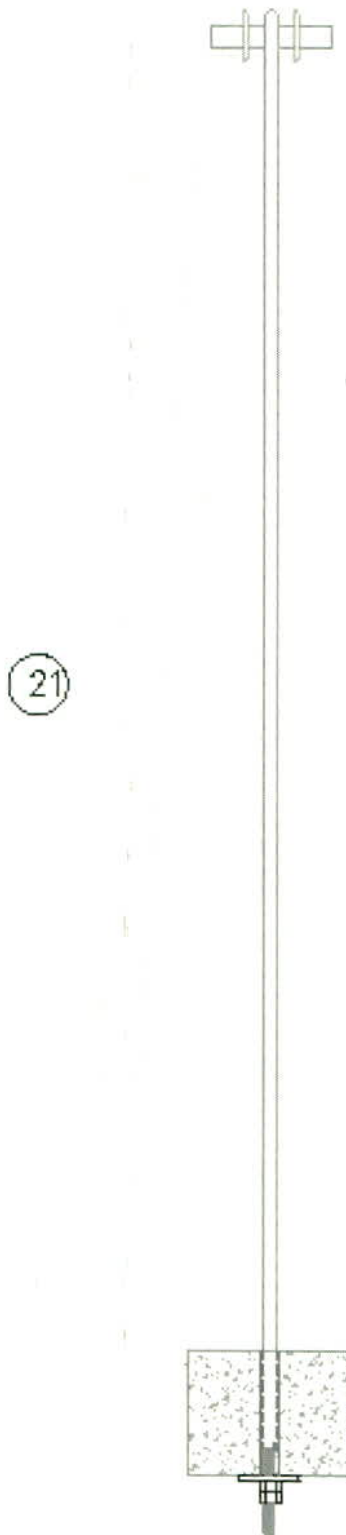


FIGURA 2

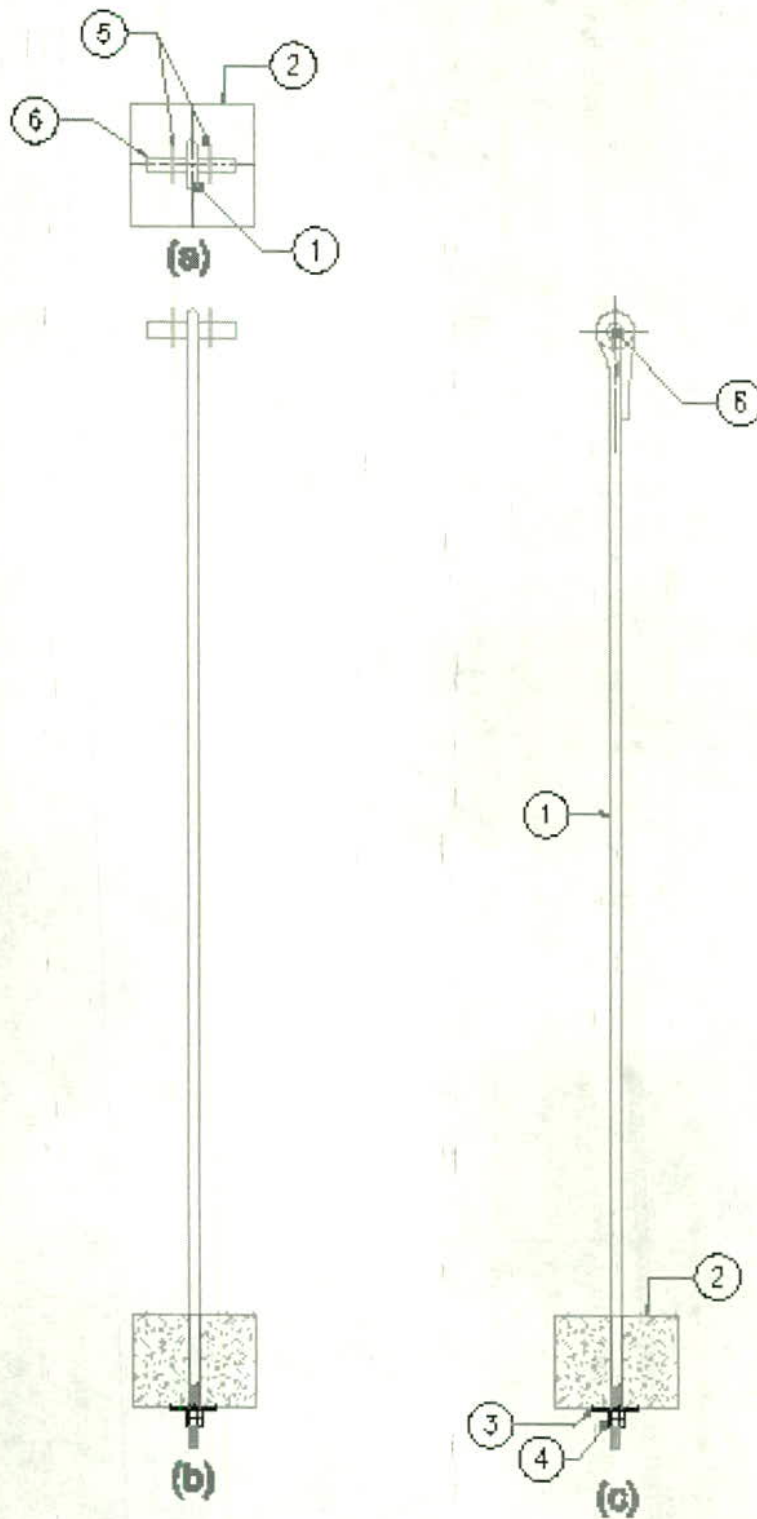


FIGURA 3

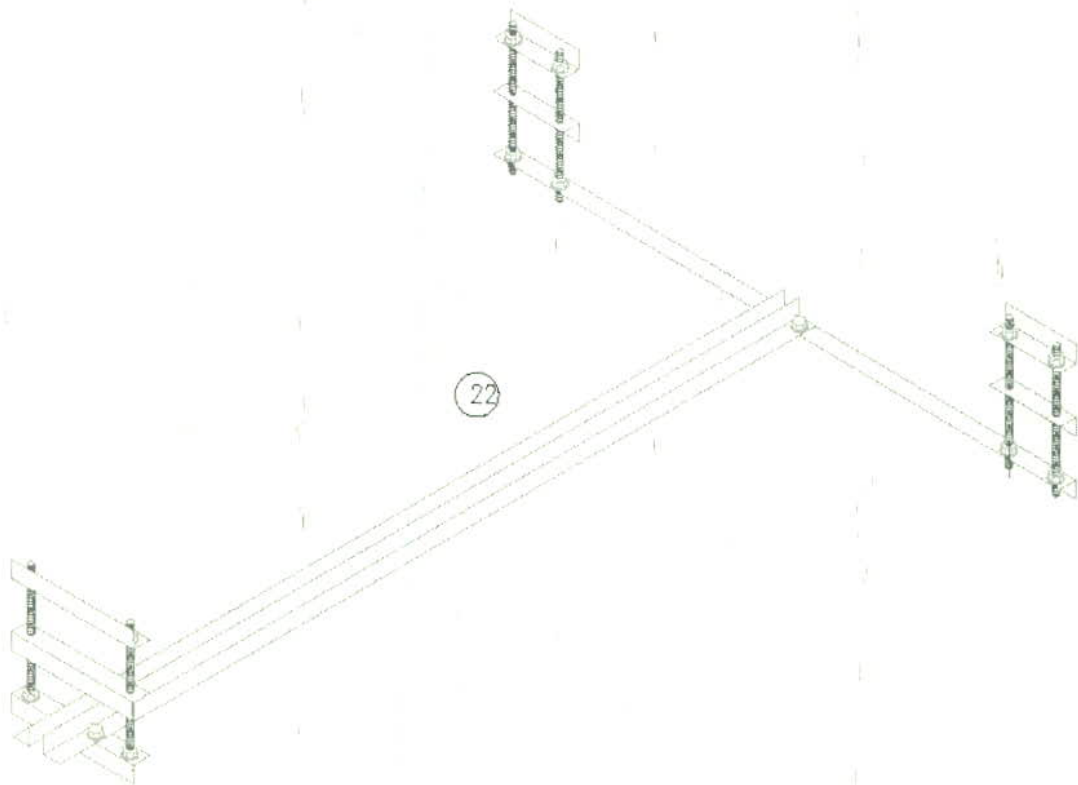
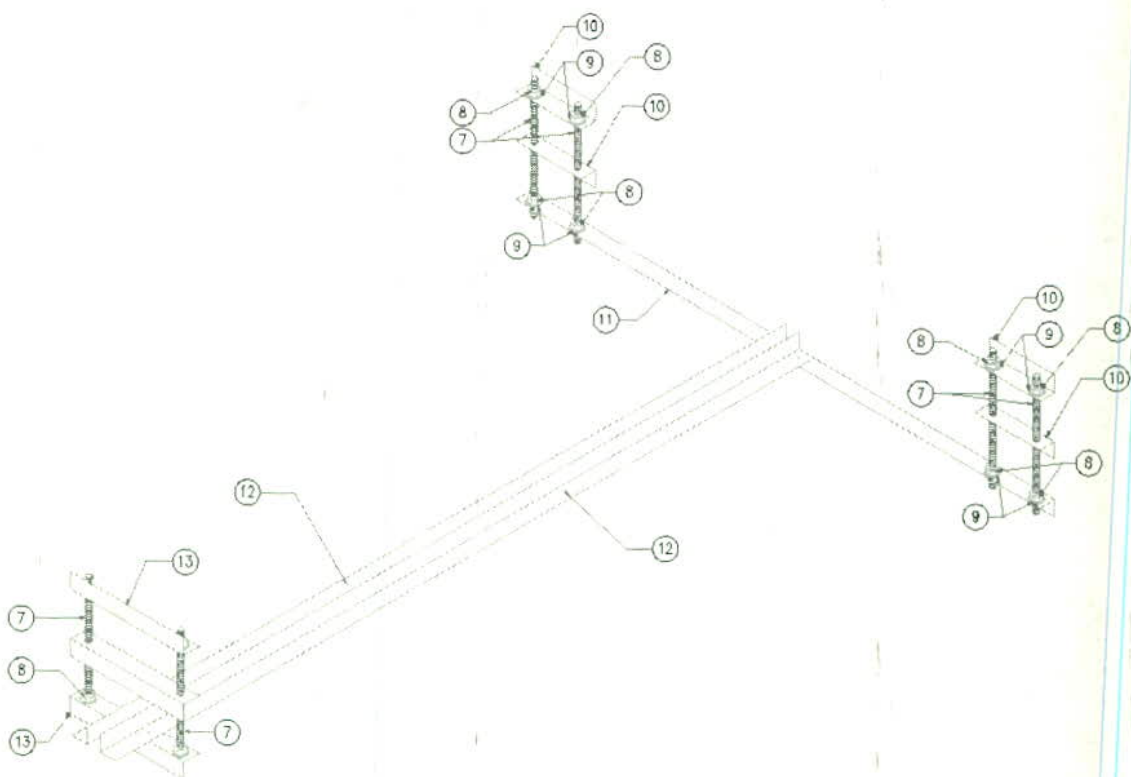


FIGURA 4



18 16

FIGURA 5

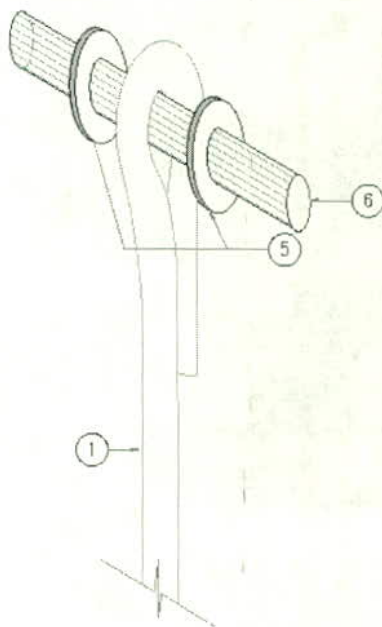
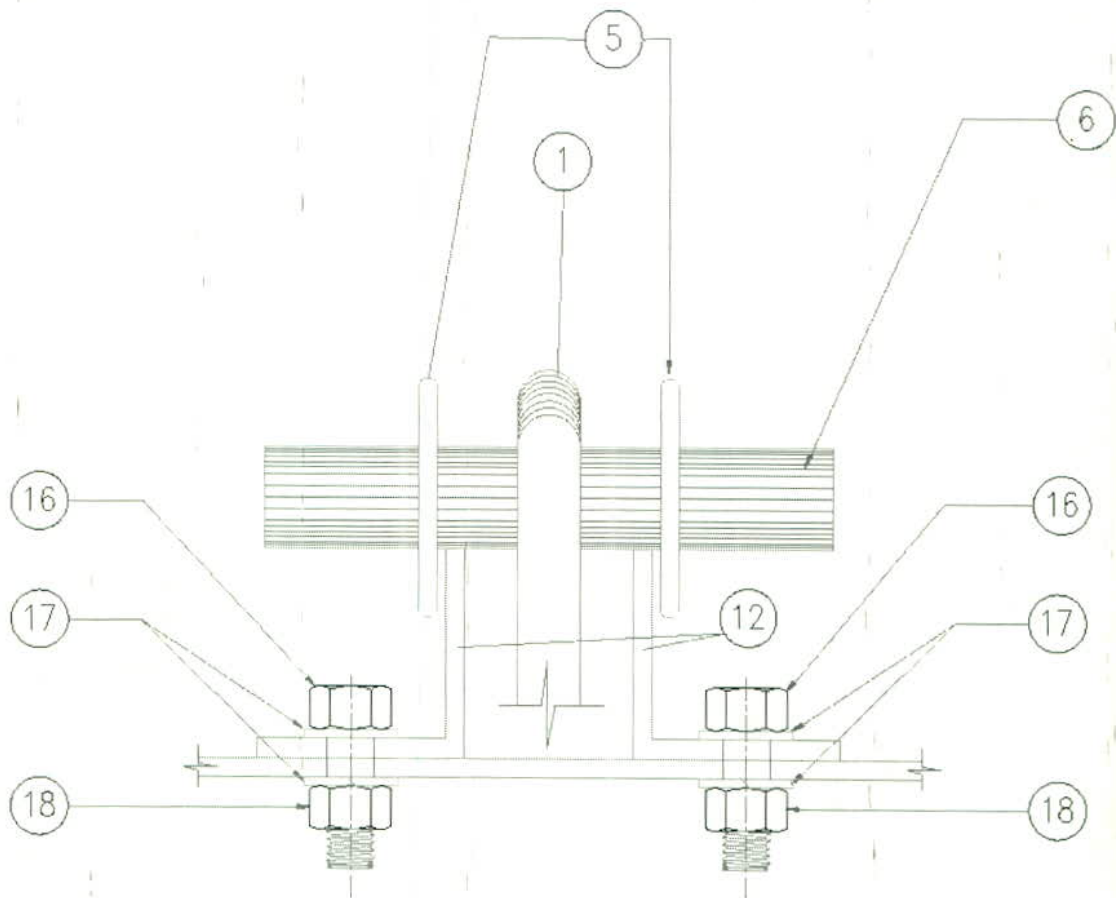
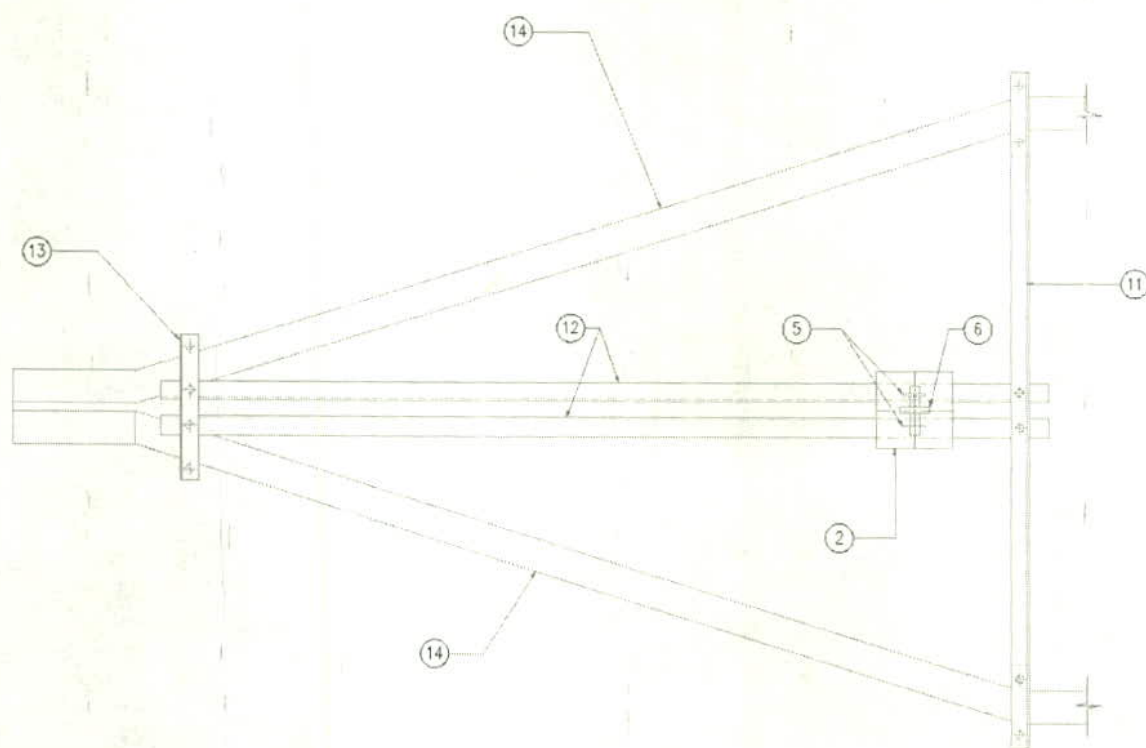


FIGURA 6



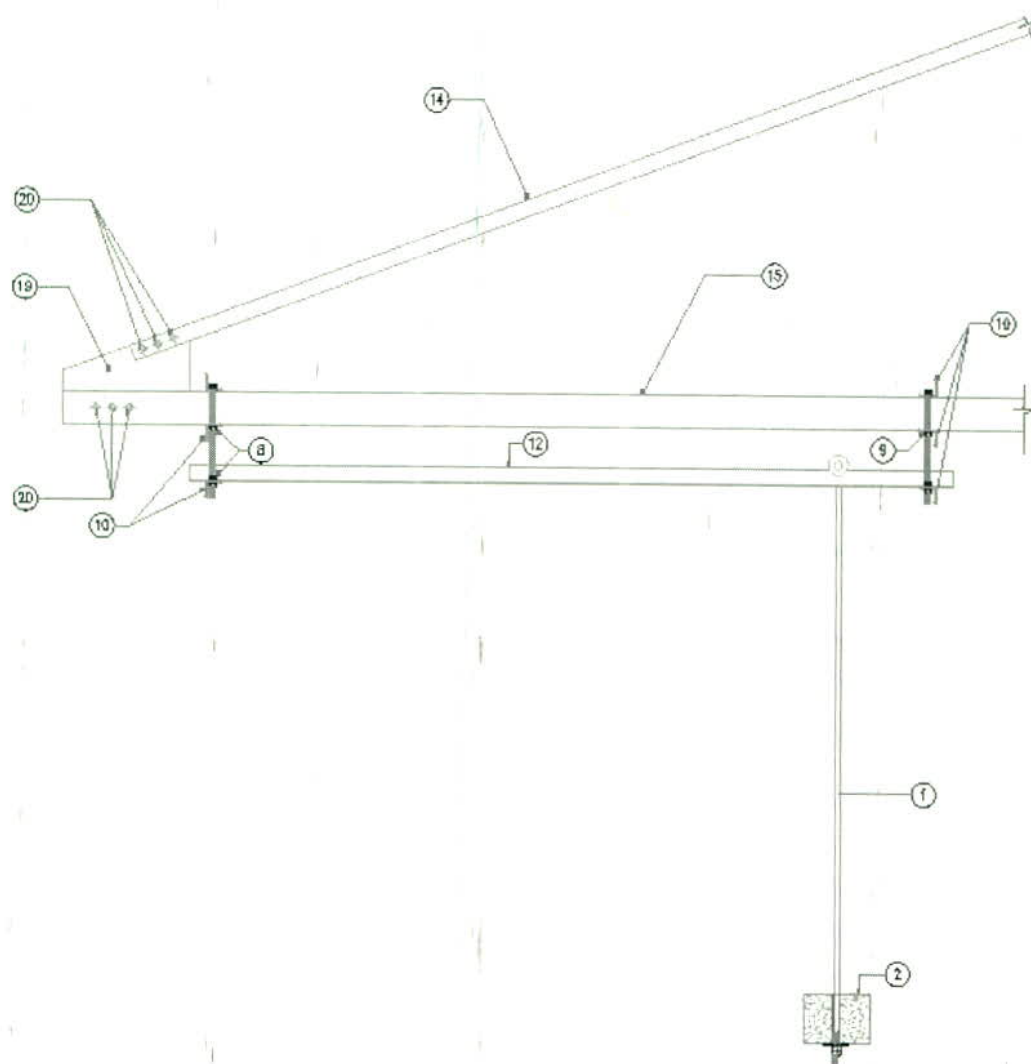
17

FIGURA 7



5

FIGURA 8



(Handwritten signature and circled number 18)

FIGURA 9

ELEMENTOS DEL PENDULO

ELEMENTO No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Varilla de anclaje galvanizado en caliente de 5/8"	1
2	Bloque de concreto de 3000 psi y 14 kg de peso	1
3	Arandela Cuadrada galvanizada en caliente de 4"x4"x3/16"	1
4	Tuerca galvanizada en caliente para tornillo 5/8"	1
5	Arandela galvanizada en caliente para tornillo de 1"	2
6	Varilla lisa galvanizada en caliente de 1"	1
7	Esparragos roscado 4 tuercas de 5/8"	6
8	Tuerca de 5/8"	18
9	Arandela de 5/8"	18
10	Angulo galvanizado en caliente de ala 51mm x 4,8mm x 215 mm de longitud	4
11	Angulo galvanizado en caliente de ala 51mm x 4,8mm x 1745 mm de longitud	1
12	Angulo galvanizado en caliente de ala 51mm x 4,8mm x 2315 mm de longitud	2
13*	Angulo galvanizado en caliente de ala 51mm x 4,8mm x 375 mm de longitud	3
14*	Angulo o viento inclinado del Brazo de la Torre	2
15*	Angulo horizontal del Brazo de la Torre	2
16	Tornillo galvanizado en caliente hexagonal de 1/2" x 1- 1/2"	2
17	Arandela de 1/2 "	4
18	Tuerca de 1/2"	2
19*	Platina en Angulo Galvanizado en Caliente unión de angulos del brazo de la torre	1
20*	Tornillos, tuercas y arandelas de sujeción del brazo de la torre	6

5

* Elementos que pertenecen a la torre no al péndulo