

Antorcha.

Análisis de integridad mecánica mediante técnicas remotas

Oscar R. D'Ottavio

Gerente de Planeamiento e Ingeniería de Mantenimiento
Refinería Campana, ESSO Petrolera Argentina SRL

Juan M. Pinasco

Ingeniero de Contacto Mecánico *Offsites*
Refinería Campana, ESSO Petrolera Argentina SRL

Introducción

La antorcha es un dispositivo de seguridad crítico para la operación de la refinería. En situaciones de emergencia, debe estar disponible para canalizar cualquier descarga de gases incondensables que no puedan ser procesados.

La Refinería Campana tiene una única antorcha, por lo cual su confiabilidad resulta vital para una operación íntegra. Está en servicio desde 1957 y, excepto por el reemplazo del quemador (por última vez en 1992), sólo se han realizado en ella tareas menores de mantenimiento e inspecciones parciales, por lo que algunos elementos podrían estar llegando al fin de su vida útil.

El propósito principal de este trabajo fue evaluar la condición mecánica de la antorcha evitando una parada de la refinería y las consecuencias económicas y logísticas asociadas con los siguientes objetivos:

- Evaluar la integridad y condición actual de cada uno de los componentes por deterioro durante el servicio (desgaste, corrosión, etc.).
- Definir las eventuales reparaciones y prepararlas convenientemente para la siguiente parada.
- Evitar la exposición del personal a condiciones de alto riesgo.

Las razones que motivaron el desarrollo de esta inspección fueron incidentes por corrosión, que tuvieron consecuencias importantes en equipos similares en otras refinerías, aun en servicios menos prolongados, y la detección de una llama anormal en la zona del quemador.

Dadas las dificultades de acceso, los riesgos y la imposibilidad de realizar una inspección convencional cuando la antorcha está operando, se decidió evaluar distintas alternativas y dividir el trabajo en tres partes:

- 1) Planificación y análisis de riesgos.
- 2) Inspección visual, mediante un helicóptero radio-controlado con cámara de TV, de los componentes de la parte superior.
- 3) Medición de espesores (ultrasonido) del caño principal, utilizando un robot operado en forma remota y diseñado específicamente para este caso, debido al reducido espacio disponible y al complicado camino por recorrer.

Desarrollo

El propósito del trabajo fue evaluar con precisión la condición actual de todos los componentes estructurales y funcionales de la antorcha, la cual comprende:

- Estructura soporte (reticulada de sección triangular y 70 mts. de altura), escalera y plataformas.
- Cables tensores (3 vientos, en pares de cables de acero a 120 grados).
- Anclajes superiores e inferiores.
- Caño principal de gas de 16" de diámetro.
- Cañerías auxiliares de vapor, gas piloto y sistema de encendido.
- Quemador principal.
- Pilotos (cantidad: 3).

El trabajo se desarrolló en tres etapas independientes, una evaluación de riesgo inicial y, como se mencionó anteriormente, dos etapas de ejecución *in situ*, cada una de las cuales tenía sus propios objetivos. Dichas etapas se llevaron a cabo en diferentes momentos, con personal especializado en distintas técnicas, que fue entrenado y preparado para cada fin en particular.

Planificación y análisis de riesgos

Se conformó un equipo de trabajo interdisciplinario con participantes de los sectores técnicos y operativos que evaluaron todos los aspectos, desde operaciones alternativas de las distintas unidades de la Refinería, que evitaran o redujeran las descargas imprevisibles, hasta el empleo de equipos sofisticados de protección y evacuación rápida del personal.

Finalmente se optó por desarrollar un método que evitara el impacto en la operación y la exposición del personal.

Evaluación de riesgos

Empleando la metodología de matriz de riesgos de ExxonMobil Co., se evaluaron los escenarios posibles en función de su consecuencia y probabilidad.

En síntesis, los riesgos considerados fueron por exposición al calor deriva-

do de una súbita descarga de gas y por trabajar en altura.

Conclusiones

Riesgos de exposición a radiación térmica:

- Se realizó un cálculo del calor emitido a cada altura en la estructura (distancia al quemador), en función de la energía, la forma y el tamaño de la llama en las condiciones más extremas, incluyendo la influencia del viento. Se definieron tres zonas de riesgo: alto, medio y bajo, figura 1.
- Zona superior, donde el acceso del personal no está permitido, ya que aun por corto tiempo podría tener consecuencias inaceptables.
- Zona media, donde el personal podía acceder por períodos cortos (minutos), en la cual es aceptable establecer una base de trabajo con medidas de evacuación ante eventuales necesidades.
- Zona inferior, donde la exposición es menor, y la evacuación es posible sin dificultades o limitaciones.

Riesgos del trabajo en altura

Fueron reducidos a niveles adecuados empleando personal entrenado específicamente, y utilizando protecciones diseñadas para tal fin, que consistieron básicamente en:

- Empleo de una guindola protegida, convenientemente accionada mediante una grúa.
- Instalación de andamios en sitios accesibles.
- Definición de los límites de las condiciones climáticas para el desarrollo de las actividades (viento, principalmente).

Inspección visual con helicóptero radio-controlado

Objetivo

Esta fase tenía como propósito evaluar la condición del quemador, debido a que se había observado una llama anormal a aproximadamente un metro por debajo del extremo superior, además de realizar la inspección visual del resto de los componentes.

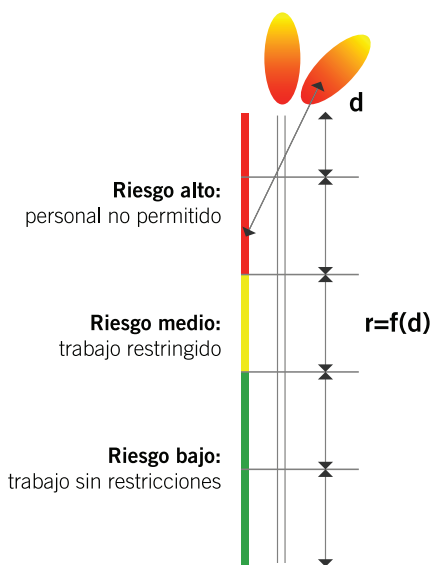
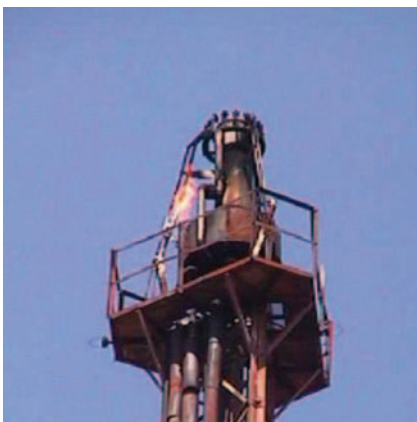


Figura 1. Evaluación de riesgos.



Llama anormal.



Plan

Con el fin de evitar los riesgos ya mencionados, el dispositivo empleado para esta inspección fue un helicóptero radio-controlado provisto de una cámara de video, también operada en forma remota, para la captura de imágenes. Este tipo de equipamientos es utilizado normalmente para la realización de tomas de seguimiento cinematográfico o publicitario.

El desafío particular, en este caso, era volar dentro de un área limitada en un radio alrededor de la antorcha entre 10 y 30 mts., a 70 mts. de altura de figura.

Para la elaboración del plan, se formó un equipo de trabajo multidisciplinario, en el cual participaron:

- Dueño y piloto del helicóptero.
- Operador de cámara de TV.
- Personal de Seguridad, Proceso e Inspección de planta.

Dispositivo

Helicóptero radio-controlado con cámara de TV de alta resolución con *zoom*, montada en un estabilizador giroscópico en dos ejes, con capacidad de movimiento en todas las direcciones; ambos, helicóptero y cámara, operados a control remoto desde dos

bases de comando independientes.

Las características principales del helicóptero son (ver anexo A con detalle de especificaciones técnicas):

- Largo: 1,375 metros.
- Diámetro rotor: 1,533 metros.
- Peso: 5 kilogramos.



Preparación *in situ*.



Entrenamiento en campo de vuelo.

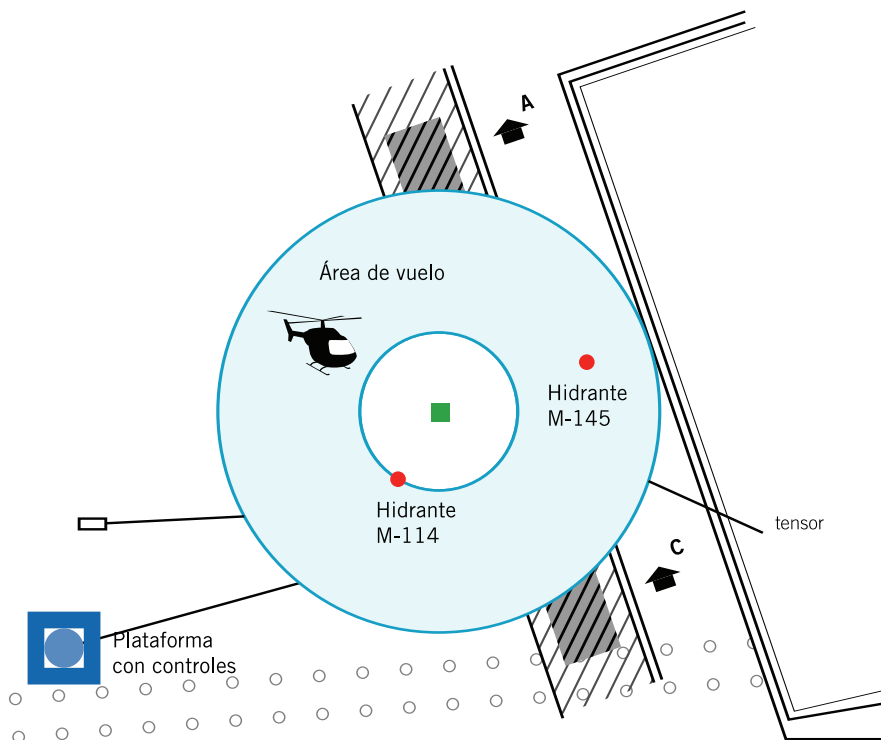


Figura 2. Área de vuelo de inspección del helicóptero.

Ejecución de la inspección

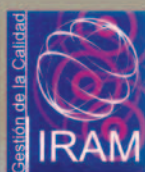
Para adquirir experiencia y alcanzar la habilidad requerida para mantener al helicóptero en vuelo estacionario a 70 mts. de altura, dadas las corrientes de aire que suelen reinar en esos niveles, previo al trabajo en la Refinería, el equipo realizó una serie de prácticas en un club de vuelo.

Puesto que el helicóptero es comandado por radiofrecuencia, se verificó que no hubiera interferencias con las frecuencias de comunicación utilizadas en la Refinería. No obstante, el receptor tiene un sistema de seguridad que permite que, ante una pérdida de señal del comando principal, el helicóptero entre en velocidad de *ralenti* y caiga perpendicularmente.

**Fibrasint saluda a la gente del
petróleo en su día.**

**Calor, Fuego y arco eléctrico
Bajas Temperaturas
Alta Visibilidad
Antiestática
Anticorte
Salpicadura de metales
Soldadura**

Confeccionista autorizado por DuPont
para el uso de la marca NOMEX®



RI 9000-1179



Empresa certificada con
Sistema de Gestión de la calidad
según Norma ISO 9001:2000



fibrasint®

indumentaria para protección personal

FABRICANTES DE EPP (equipos de protección personal)

Calle 103 N° 1535 - B1650FWH
SAN MARTIN BUENOS AIRES
(5411) 4755-1963 y líneas rotativas
ventas@fibrasint.com.ar - www.fibrasint.com.ar

Una vez desaparecida la interferencia, el piloto puede retomar el mando de aquél.

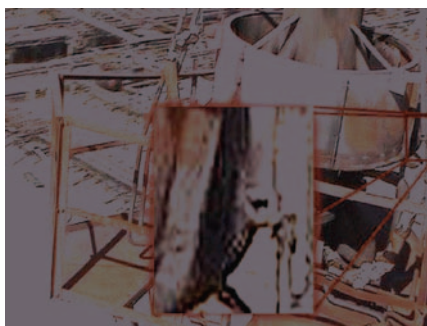
Otro aspecto analizado fue el potencial escenario de una caída del aparato, dado que la mayoría de los materiales son de fibra de carbono y que el helicóptero caería con baja energía cinética (rotor a bajas vueltas); la probabilidad de provocar daños importantes a algún equipo o estructura metálica era baja. En cambio, sí se tuvo en cuenta este aspecto en lo que respecta a conexiones menores de instrumentos situados en los recipientes sellos debajo de la antorcha, que fueron protegidos convenientemente, como así también todo el panel del sistema de encendido.

Como norma se estableció que la inspección sólo se llevaría a cabo si las condiciones operativas eran estables, manteniendo en todo momento contacto radial con la sala de control de refinería, a fin de anticipar cualquier cambio en la condición de la antorcha (descarga de gases), y alejar rápidamente el helicóptero de la cercanía del quemador. También era necesario tener condiciones climáticas adecuadas con vientos menores a 30 km/h.

Se desarrolló un “Procedimiento de puesta en marcha del helicóptero” con una serie de controles de seguridad y chequeos de los distintos mecanismos que debía realizarse en forma previa a cada vuelo (ver anexo B).

Se diseñó un plan de viajes para recorrer los distintos componentes: quemador principal, sistemas de gas piloto, estructura y plataformas, anclajes y cables. Cada viaje debería durar 10 minutos de vuelo máximo, ya que la autonomía que brinda el tanque de combustible de medio litro de capacidad es de 15 minutos de vuelo.

Un detalle a tener en cuenta era realizar los viajes y las tomas de video en función de la hora y posición del sol, de manera tal de tener el objeto iluminado y lograr un mejor contraste. Esto llevó a planear viajes durante la mañana y la tarde para completar todos los laterales de la estructura y/o cables que se encuentran situados a 120 grados.



Imágenes de la falla del caño de gas piloto.

Resultado

La inspección visual fue satisfactoria en calidad y precisión de las imágenes, se pudo determinar con acabada exactitud el estado mecánico de los componentes mencionados y, en consecuencia, desarrollar el plan de reparaciones correspondiente.

En el caso particular de la llama que se observaba a mitad de altura del quemador, se detectó que el caño de gas de uno de los tres pilotos se encontraba seccionado a la altura de la toma de aire por la falla de una unión roscada.

La operación pudo continuar sin perturbaciones hasta la siguiente parada, con los restantes dos pilotos y medidas alternativas a la alimentación de gas a éstos.

Medición de espesores con robot trepador magnético

Objetivo

El propósito principal de esta fase fue realizar una evaluación de la condición del caño principal de la antorcha para prever con anticipación suficiente eventuales reparaciones, las cuales implicarían un serio impacto en la operación general de la Refinería (una parada general).

En función de los antecedentes, tiempo en servicio (original desde la construcción en 1957), condiciones de operación (calidad del gas, temperatura, etc.) y teniendo en cuenta incidentes (fallas por corrosión localizada) de equipos similares ocurridos en otras refinerías, se estableció la necesidad de realizar una medición de espe-



Imágenes tomadas desde el helicóptero.

sores detallada, especialmente en la mitad superior, para detectar zonas donde la corrosión pudiera ser acentuada por condensación de compuestos sulfurados.

Plan

De acuerdo con el análisis de riesgos realizado, el personal no estaba habilitado para acceder al sector superior, por lo cual se decidió emplear un robot con equipo de medición de espesores por ultrasonido operado en forma remota desde una guindola dispuesta como base de comando, ubicada en la zona media de la estructura, figura 3.

Dispositivo (robot)

Las dificultades del entorno hicieron necesario diseñar un equipo especial para este propósito, pues ninguno de los existentes, tanto en el país como en el exterior, podía sortear las interferencias entre el caño, la estructura reticulada, los soportes y las guías, en el

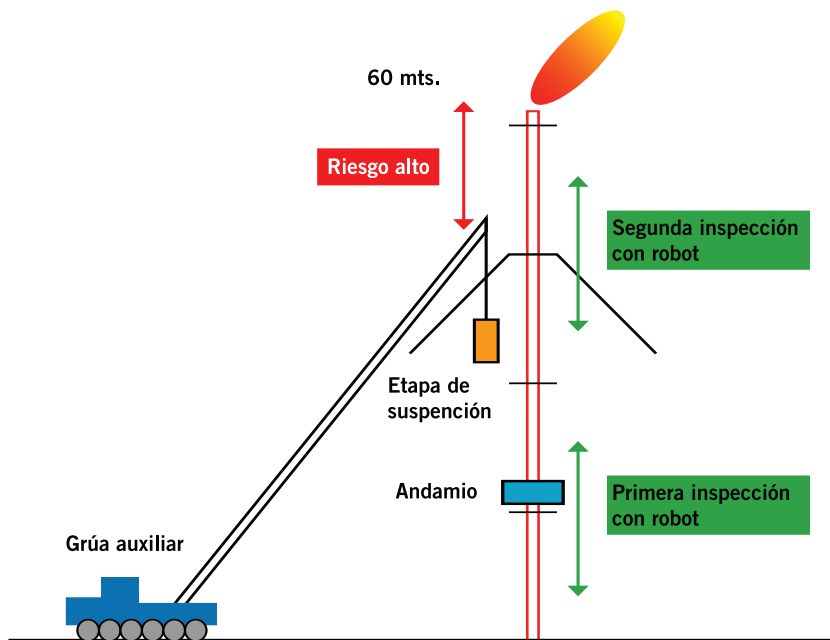
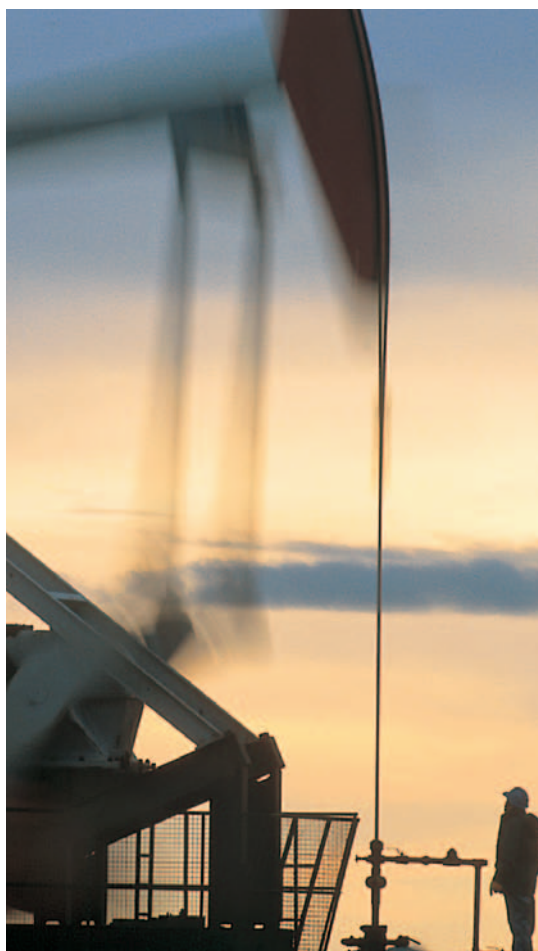


Figura 3. Esquema de trabajo.

reducido espacio disponible.

Se optó por emplear ultrasonido como técnica de medición de espesores por su confiabilidad y precisión.

Juntamente con técnicos y especialistas, se llevó a cabo un análisis de alternativas del equipo a emplear (figura 4 de página 96), tomando



BUREAU VERITAS

MEDIO AMBIENTE y RIESGO



Evaluación de Impacto Ambiental
Estudios de suelo, agua y aire
Due Diligence
Análisis de Riesgo
Evaluación de Pasivos
Auditoría Ambiental y de Seguridad
Inspección basada en riesgo (RBI)
HAZOP
Análisis Cuantitativo de Riesgos (ACR)
Gases de Efecto Invernadero
Imagen Ambiental Corporativa
Ergonomía
Campos Electromagnéticos

Av. L. N. Alem 1134, 9°
C1001AAT Cdad. de Bs. As.
Tel.: 54 11 4000 8000
E-mail: jorge.valanzuela@ar.bureauveritas.com



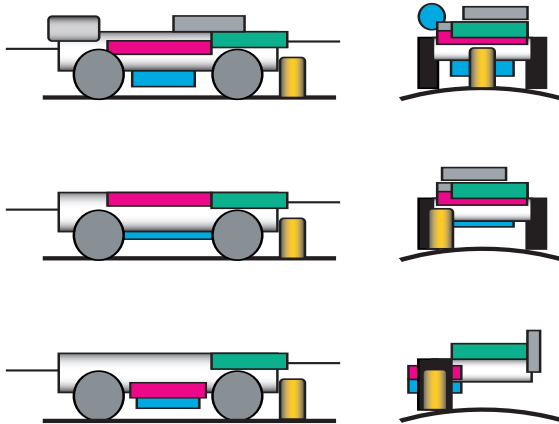
**BUREAU
VERITAS**

Dispositivo - Desarrollo

Necesidades / desempeño

Maniobrabilidad
Tamaño
Precisión
Confiabilidad
Autonomía

Alternativas / Prototipos



Estructura / Características

Ultrasonido (espesor)
Imán
Batería
Transmisión de datos
Control en movimientos
Operación remota

Figura 4. Alternativas.

como criterios principales de diseño la confiabilidad, la maniobrabilidad y el tamaño (menor sección).

Finalmente, se optó por un robot de dos ruedas, una motriz y otra direccional, dotado de un estabilizador direccional, adherido al caño mediante un poderoso imán, figura 5. Los datos de la medición eran transmitidos por radiofrecuencia a la base, donde personal especializado los analizaba en tiempo real para, de ser necesario, profundizar la inspección en algún sector.

Características del equipo empleado

- Chasis de aluminio (no magnético).
- Ruedas de goma sintética, aptas hasta 80° C, una direccional y otra motriz.
- Equipo para medición de espesores por ultrasonido, con acople por agua.
- Equipo radiotransmisor (uno para datos y otro para comando).
- Pack de baterías recargables.
- Imán permanente de tierras raras.
- Consola de comando y lectura/registro de datos.

El dispositivo fue probado en cañerías similares accesibles, a fin de detectar fallas, optimizar el diseño y evitar contratiempos durante la ejecución del trabajo *in situ*.

Ejecución de la inspección

Desde la base de comando el robot

era controlado y monitorizado continuamente mediante una cámara de TV con *zoom*, para facilitar su manejo

a larga distancia y detectar cualquier anomalía.

La estrategia de inspección consistió en medir en forma continua dos generatrices (mínimo) a lo largo de toda la longitud del caño principal. En la figura 6 de la página 98 se observa una sección del dispositivo ubicado en la posición prevista de trabajo (nótese lo reducido y complicado del espacio disponible).

La inspección se completó en cuatro etapas: dos en la mitad inferior, que se utilizaron además para realizar los últimos ajustes, verificar la maniobrabilidad del equipo, entrenar al personal y verificar la ausencia de interferencias de radiofrecuencia; y las otras dos en la mitad superior, para completar el objetivo planteado. Cada una de estas etapas se realizó en un lapso de tres horas aproximadamente, en función de la autonomía del equipo.

Dispositivo - Estructura

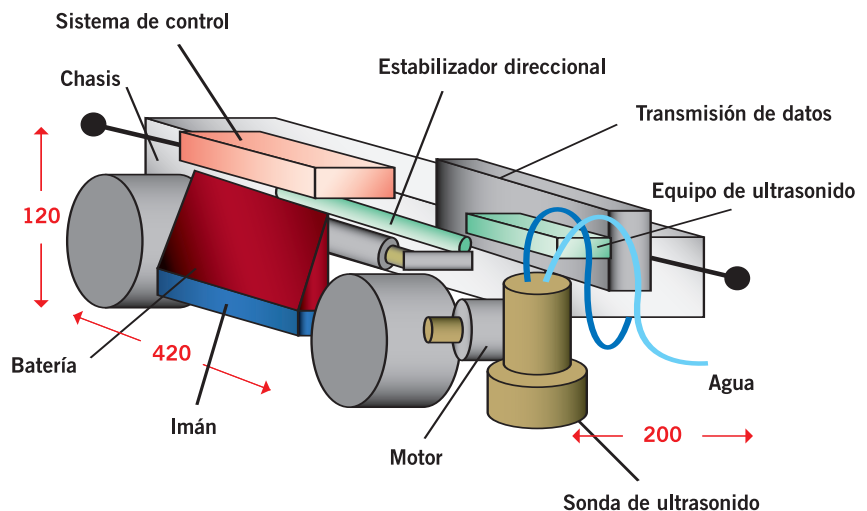


Figura 5. Esquema del robot.

MAS DE 90 AÑOS DE HISTORIA EN EL PAIS 1911-2006

Servicentros

Primer surtidor en el país - Plaza Lorea/1914



Servicentro Campana/1930



Esso Shop



Kiosco KAO
La Plata/1930



Nuevos
Esso Shop

Identidad



Naftas Wico Standard

Reporter ESSO - Radio/1941



Reporter ESSO - TV./1963



Reporter ESSO - TV./1996



Fusión Exxon y Mobil/1999



Lubricantes

Producción de Grasas Lubricantes/1926



Essolube/1936



Refinación

Inauguración Refinería Galván/1928



Refinería Campana/2005



Químicos

Flit/1928



Comercialización de plastificantes



ESSO Petrolera Argentina S.R.L.
Una Subsidiaria

ExxonMobil

Dispositivo - Diseño final

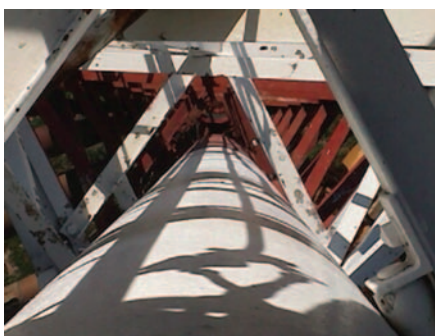
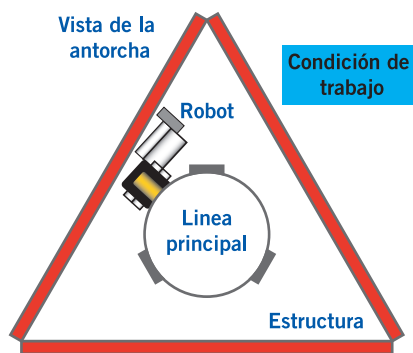


Figura 6. Condición de trabajo.



Imágenes del robot en operación.

Resultado

La medición cubrió las expectativas planteadas en calidad, alcance y precisión. El estado mecánico del caño fue satisfactorio, por lo que no fueron necesarias reparaciones en el mediano plazo.

Conclusiones

Los objetivos originales fueron logrados cabalmente: la inspección completa de la antorcha, manteniendo la operación normal de la Refinería, fue completada sin interferencias con la operación, y los trabajos para la próxima parada fueron planeados con adecuada anticipación, costos razonables, plazos reducidos y riesgos controlados.

- Costos total aproximado: U\$D 15.000.
 - Tiempo de preparación: 4 semanas.
 - Desarrollo de los trabajos: 5 días.
 - Riesgo: el habitual de trabajo.
- Los conocimientos adquiridos de

esta experiencia fueron sumamente valiosos y ya están siendo aplicados incluso por otras refinerías.

Participantes

Empresas que participaron junto a Refinería ESSO Campana en el desarrollo de estas actividades:

- MDS Ingeniería: helicóptero radio-controlado.
- D'Arcangelo Comunicación Audiovisual: operador de cámara y edición.
- AEI SRL: ensayos no destructivos.
- Gustavo Ventosa: radiocomunicaciones.

Anexo A

Datos técnicos del helicóptero radio-controlado

Equipo de radio del helicóptero:

- Radio Futaba 9Z WC2
- Receptor Futaba R149DP

- Frecuencia 72 330
- Servos
- Pack de baterías: radio 800mAh y receptor 1500mAh

Equipo de radio para cámara

- Radio Futaba 8
- Receptor Futaba

Helicóptero

- Marca Hirobo Eagle Freya (origen japonés)
- Peso: 5 kilos
- Diámetro del rotor: 1,533 metros
- Largo: 1,375 metros
- Motor: OS 61
- Materiales de construcción: plástico, aluminio, acero y fibra de carbono
- Material de las palas del rotor: fibra de carbono

Combustible

- Marca Modelfuel
- Componentes: alcohol metílico, nitrometano agnus y aceite ricino
- Aceite sintético: Klotz Techniplat

Receptor de cámara

- Modelo: AAR14
- Aplicación: aeroplano, sistema de helicóptero
- Licencia requerida: licencia *amateur* para radio (EEUU), sólo para uso como *hobby*.
- Alcance: 1.45 millas
- Salida de energía: 100mW
- Modulación: FM
- Frecuencia: 2 canales, 2.434GHz & 2.411GHz
- Antena del transmisor: Omni direccional, bipolar de 21"
- Antena del receptor: incorporada
- Dimensiones del transmisor: 2.5" (d) x 3.0" (w) x 1.0" (h)
- Ancho de banda de video: 6MHz
- Formato de video: NTSC o PAL
- Montaje: Aircraft grade Velcro
- Peso total en el aire de Tx y baterías: Sin cámara ~12 oz
Con cámara PT ~ 15 oz
Con cámara TC ~12 oz
Con cámara 380 ~14 oz
Con cámara 450 ~ 15 oz
- Energía requerida para el transmisor: 12vdc @ 240mA (sin cámara)
- Energía requerida para el receptor: 12vdc @ 360mA

- Incluye: batería alcalina de 12vdc AA con arnés y switch de energía, cables AV, cables de energía CC/CA
- Otros: FCC Pieza 15 - FCC ID # MFEMODTX24-01

Cámara

- Modelo: 450 Line Color CCD
- Imagen: 1/3" Interline CCD
- Formato de video: NTSC
- Resolución: líneas 450 TV
- Lente: 4.0mm f/2.5
- Filtro de densidad neutral: 210
- Color mínimo de iluminación: 3.0 lux
- Relación S/N: 46dB o mayor
- Tensión: 12VDC
- Requisitos de energía: 180mA @ 12VDC
- Chip: Sony Chip Set
- Temperatura operativa: -10° C a +55° C
- Otros: funciones modo "switch":
 1. Modo sin titilar: On / Off
 2. Comp. contraluz: On / Off
 3. Velocidad de obturador: automática o ajustable de 1/60 a 1/10,000 segundos
 4. Ref. autoexposición: 100 IRE Referencia o ajustable de 0dB a 18dB
 5. Limitador automático de ganancia: 20dB o 26dB
 6. Balance automático de blancos: modo bloqueado o sostenido
 7. Seteos automáticos de blancos: interior, usuario, flores, exterior

- Tamaño: 43mm (W) x 51mm (H) x 42mm (D)

Anexo B

- Procedimiento de puesta en marcha.
- Chequeos de seguridad previos al vuelo.
- Cada vez que se proceda a la puesta en marcha se controlarán los siguientes pasos:
 - Llenar el tanque de combustible.
 - Controlar todas las mangueras de combustible y presurización por perdidas y estrangulamiento.

Revisar

- Rótulas de movimiento del rotor y tubo de cola.
- Tensión de correa de transmisión de cola.
- Correa de transmisión de cola.
- Soporte de tubo de cola.
- Tornillos de agarre de portapalas del rotor principal y cola.
- Estado de las palas del rotor de principal y cola.
- Instalación eléctrica que pueda estar suelta.
- Conectores de pack de baterías.

Muy importante

Cerrar el bidón de combustible con su tapa original y alejarlo unos tres

metros del lugar de arranque. Asimismo deberá estar alejado de baterías o cables que puedan tener tensión.

Pasos a seguir previos al encendido

- Encendido de transmisor y receptor del helicóptero.
- Voltaje de las baterías.
- Control de movimiento de cada uno de los servos de helicóptero.
- Encendido del transmisor de cámara.
- Encendido de control de transmisión y recepción de movimiento de cámara.
- Voltaje de las baterías.
- Control del movimiento de los servos de cámara.
- Encendido de la cámara.

Datos del arranque

Se le dará marcha al helicóptero con un motor de arranque alimentado de una batería de doce voltios, el cual luego de que el helicóptero está encendido se procederá a llevarlo a unos tres metros del lugar del despegue.

Una vez puesto en marcha se procederá a elevarlo un metro del piso y se controlará su correcto funcionamiento con un tiempo aproximado de un minuto. A partir de que todo funcione correctamente, se procederá con el trabajo asignado.

El tiempo máximo de uso no deberá sobrepasar los diez minutos. ■



Tenemos la mejor tradición de ingeniería europea para el desarrollo de proyectos y un prestigioso equipo de profesionales argentinos para aplicarla

- Petróleo y gas
- Generación eléctrica
- Plantas industriales
- Infraestructura, puertos y aeropuertos
- Transporte
- Ingeniería naval

SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS ARGENTINA S.A.

Empresa certificada ISO 9001:2000 - ISO 14001:2004 - OHSAS 18.001:1999 por AENOR
San Martín 969, piso 10 // CP: C1004AAS, Capital // +54-11-5236-8088/89 // www.sener.es

