

The background image shows an industrial facility, likely a refinery or chemical plant. A tall, slender tower with a platform at the top is the central focus. Surrounding the tower are several large, cylindrical storage tanks, some with white roofs and others with dark roofs. The facility is situated in a green, hilly area with some trees in the distance. The sky is clear and blue.

**ANTORCHA – ANALISIS DE
INTEGRIDAD MECANICA
MEDIANTE TECNICAS
REMOTAS**

ANTORCHA – ANÁLISIS DE INTEGRIDAD MECÁNICA MEDIANTE TECNICAS REMOTAS

Oscar R. D'Ottavio^{1,*} – Juan M. Pinasco^{2,**}

¹Grte Planeamiento & Ingeniería de Mantenimiento. ²Ing. Contacto Mecánico Offsites.

*oscar.r.dottavio@exxonmobil.com TE: 03489-492084;

**juan.m.pinasco@exxonmobil.com TE: 03489-492128

Refinería Campana, ESSO Petrolera Argentina SRL

Oscar R. D'Ottavio es ingeniero mecánico egresado de la Universidad Nacional de Rosario y Master en Administración de Empresas de la Universidad Católica. Trabaja en Esso P.A desde el año 1985, ocupando diversos puestos: inspector de equipos fijos de distintas unidades de Refinería Campana, analista de costos, coordinador de nuevos proyectos, jefe de grupo de Servicios Mecánicos. Actualmente se desempeña como Gerente de Planeamiento & Ingeniería de Mantenimiento en Refinería Campana.

Juan M. Pinasco es ingeniero mecánico egresado de la Universidad Nacional de Buenos Aires y Postrado en Ingeniería Gerencial - UTN. Trabaja en ESSO P.A desde el año 1989, ocupando diversos puestos: Inspector de equipos fijos de distintas unidades de Refinería Campana; Ingeniero de Inspección y Nuevas construcciones en la Refinería Galván. Actualmente se desempeña como Ingeniero de contacto mecánico del área de Offsites en Refinería Campana.

SINOPSIS

Refinería Campana posee una sola antorcha, por esta razón, su confiabilidad e integridad resultan críticas para la operación. El propósito principal de esta inspección fue evaluar su condición mecánica debido a que se detectaran una llama anormal e incidentes por corrosión en equipos similares en otras refinerías.

Dadas las dificultades de acceso, riesgos, y la imposibilidad de realizar una inspección convencional con la antorcha operando; se decidió emplear un helicóptero radio controlado con cámara de TV y un robot para medición de espesores (ultrasonido) operado en forma remota.

Equipo básico:

- Helicóptero radio controlado de alta capacidad de carga.
- Cámara de video, también operada en forma remota, montada sobre un soporte giroscópico.
- Base de control, comando y grabación en tierra.
- Robot trepador magnético de alta maniobrabilidad con equipo de ultrasonido para medición de espesores.

Resultados de la inspección:

- Se logro una inspección completa de la antorcha con una exactitud y nivel de detalle adecuado, incluyendo quemador, cañerías, estructura y cables de sustentación.
- La Integridad mecánica de la antorcha no estaba comprometida en el mediano termino, permitiendo una operación segura y confiable hasta la próxima parada.
- La llama anormal era causada por la falla de una unión roscada en el sistema de gas piloto, lo cual fue evaluado y subsanado mediante la operación de los dos pilotos restantes.

Beneficios:

- Seguridad: se evito la exposición del personal en trabajos peligrosos, a gran altura y radiación térmica.

- Ahorros de tiempo y costos, demandó una menor preparación, redujo el uso de grúas y otros equipos complejos de alto costo.
- Valiosa experiencia para aplicar estas técnicas en áreas de esta refinería u otras plantas de proceso continuo, donde los riesgos personales sean importantes.

En síntesis, el objetivo planteado de realizar la inspección completa de la antorcha manteniendo la operación normal de la refinería fue cubierto en todos los aspectos, evitando las consecuencias logísticas y financieras de una parada/ slowdown.

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 pueden ser procesados.

Refinería Campana tiene una única antorcha, por lo cual su confiabilidad resulta vital para una operación íntegra. La misma está en servicio desde 1957 y, excepto por el reemplazo del quemador (por última vez en 1992), sólo se han realizado tareas menores de mantenimiento e inspecciones parciales, por lo cual 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 con 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, riesgos, y la imposibilidad de realizar una inspección convencional con la antorcha 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 diseñado específicamente para este caso, debido al reducido espacio disponible y complicado camino a 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 70mts 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 menciono anteriormente, dos etapas de ejecución *in situ*, cada una de las cuales tenía sus propios objetivos. Las mismas se llevaron a cabo en diferentes momentos, con personal especializado en distintas técnicas, que fue entrenado y preparado para cada fin en particular.

1. 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 imprevistas, hasta el empleo de equipos sofisticados de protección y evacuación rápida del personal.

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

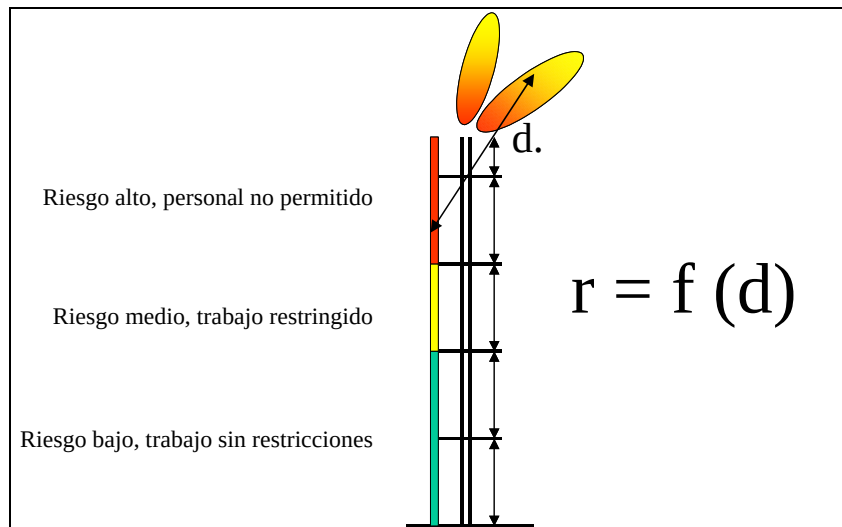


Figura 1. Evaluación de riesgos

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 derivado 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, forma y tamaño de la llama en las condiciones más extremas, incluyendo la influencia del viento. Se definieron tres zonas de riesgo: alto, medio y bajo (ver Figura 1)
- Zona superior, acceso de personal no permitido, aun por corto tiempo podría tener consecuencias inaceptables
- Zona media, donde el personal podía acceder por periodos 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 dificultad/limitaciones.

Riesgos de 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).

2. 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 1 mt por debajo del extremo superior, además de realizar la inspección visual del resto de los componentes



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.

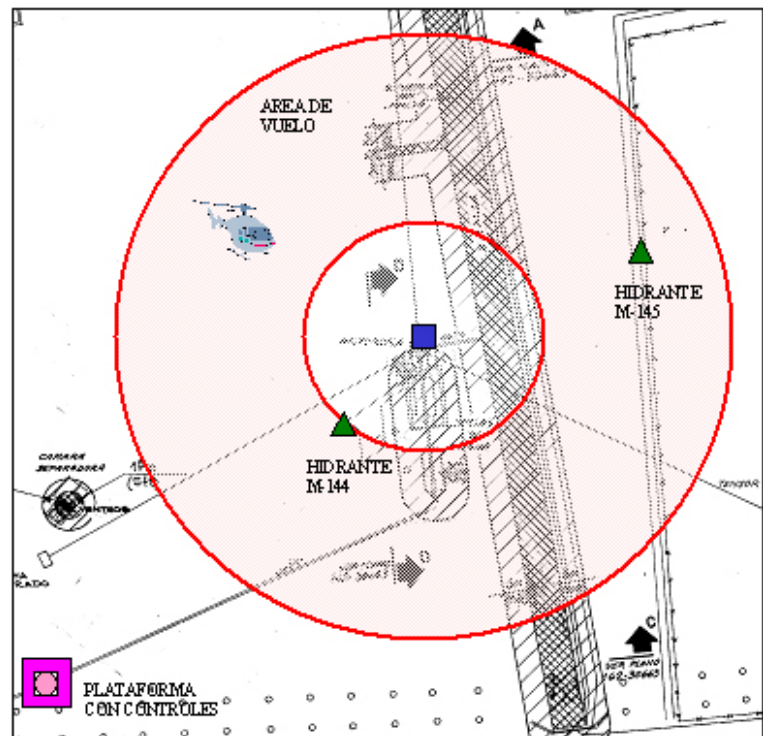
**Figura 2. Área de Vuelo
Inspección Helicóptero**

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

- Dueño y piloto del helicóptero
- Operador de cámara de TV
- Personal de Seguridad, Proceso, 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 mt
- Diámetro rotor: 1,533 mt
- Peso: 5 Kg



Preparación “in situ”



Entrenamiento en campo de vuelo

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, hace que el helicóptero entre en velocidad de ralenti y caiga perpendicularmente. Una vez desaparecida la interferencia, el piloto puede retomar el mando del mismo.

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. Sí, en cambio, 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 fueran 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/hr

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 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.

Resultado:

La inspección visual fue satisfactoria en calidad y precisión de las imágenes, pudiéndose 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.



Imágenes de la falla del caño de gas piloto

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

Imágenes tomadas desde el helicóptero



3. 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 a 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 espesores 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.

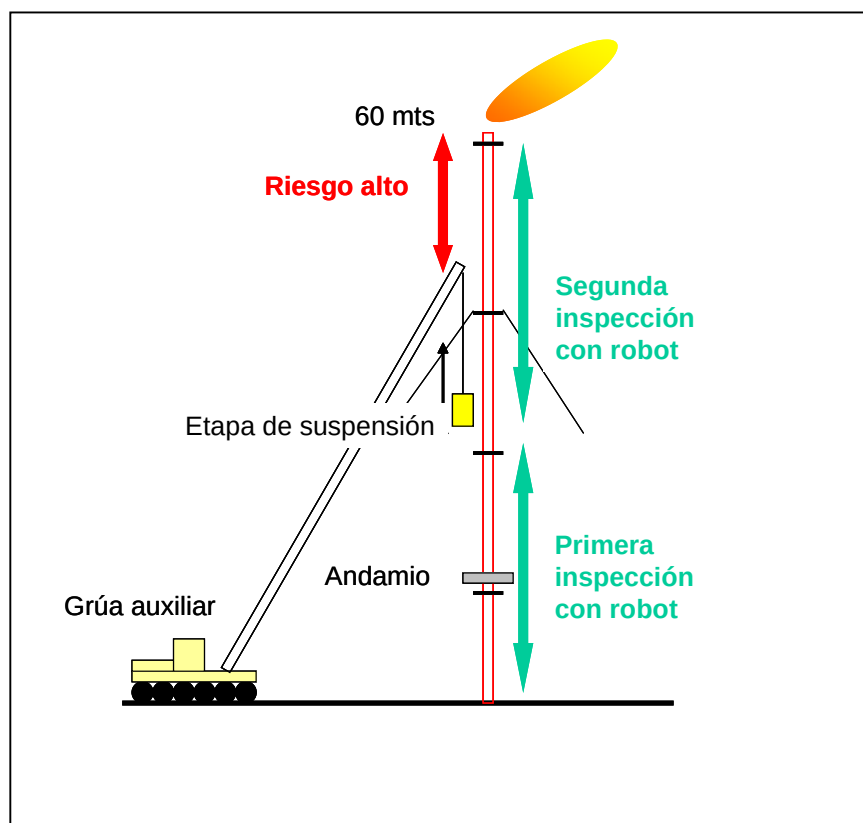
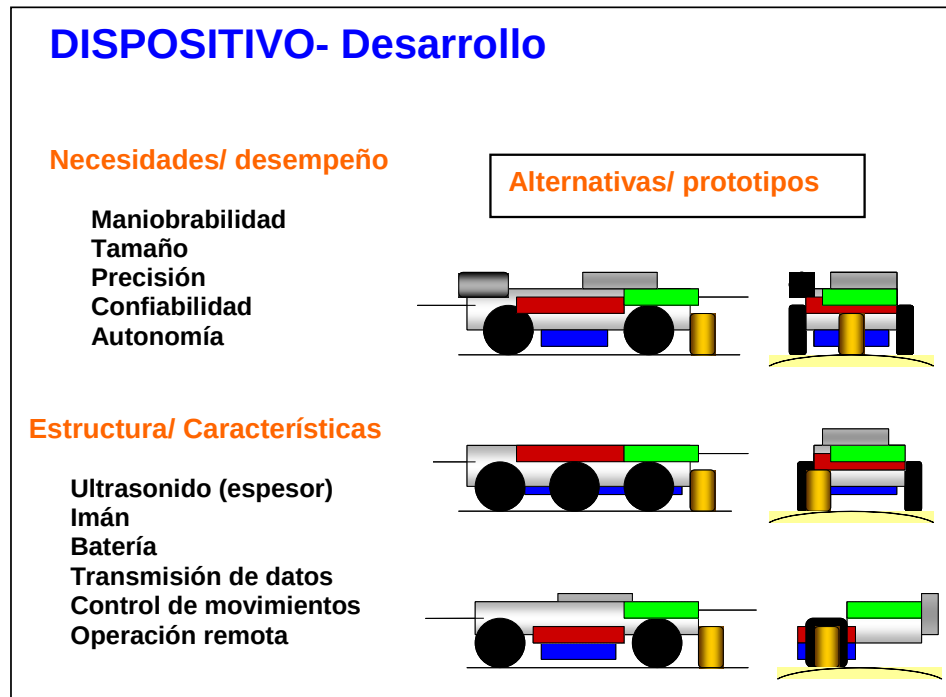


Figura 3. Esquema de trabajo

Dispositivo (robot):

Figura 4. Alternativas

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 reducido espacio disponible.

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

Conjuntamente con técnicos y especialistas, se llevó a cabo un análisis de alternativas del equipo a emplear, tomando como criterios principales de diseño la confiabilidad, maniobrabilidad y 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. 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 / 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 radio transmisor (uno para datos y otro para comando)

- Pack de baterías recargables
- Imán permanente de tierras raras
- Consola de comando y lectura / registro de datos

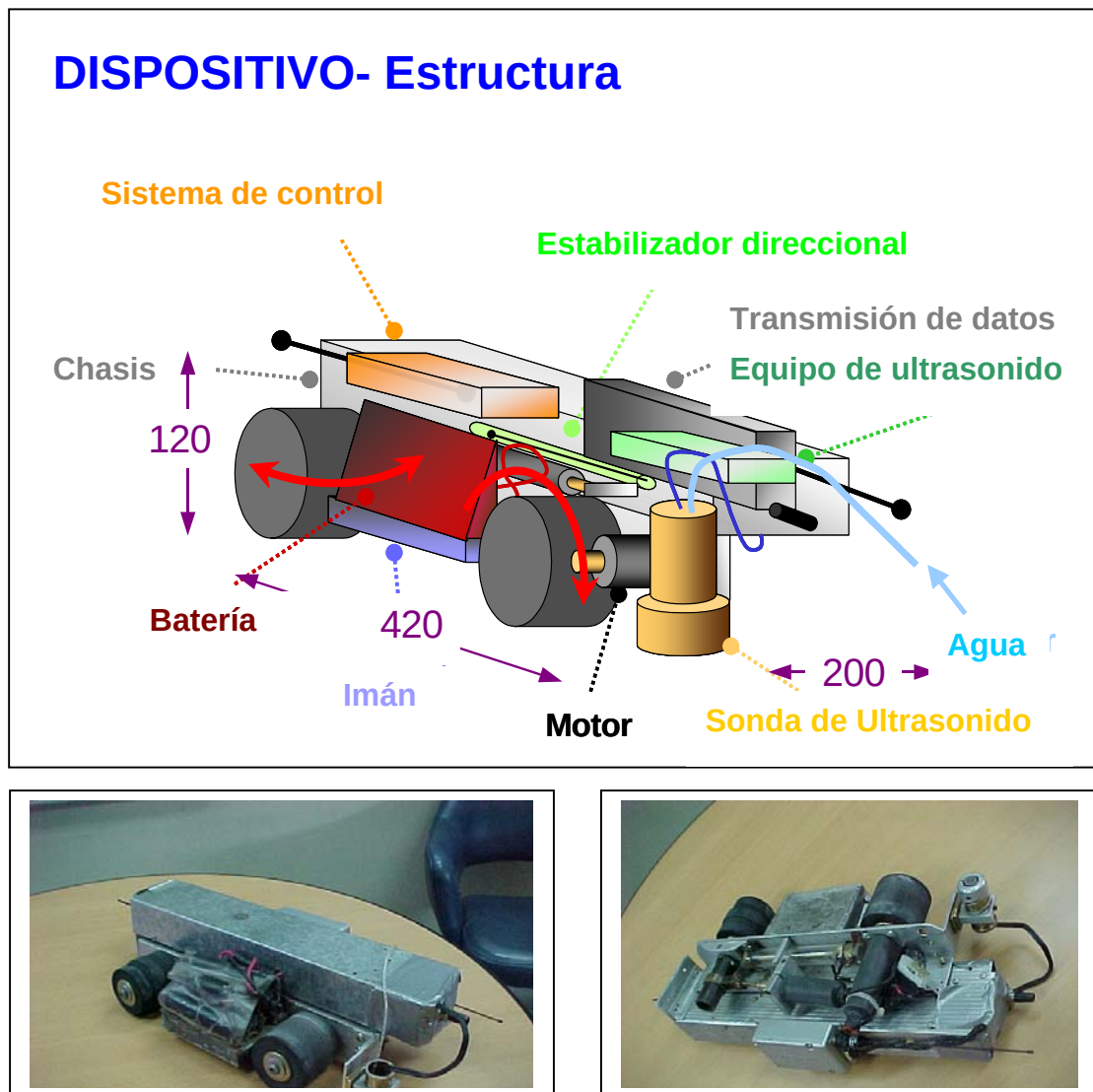


Figura 5. Esquema Robot

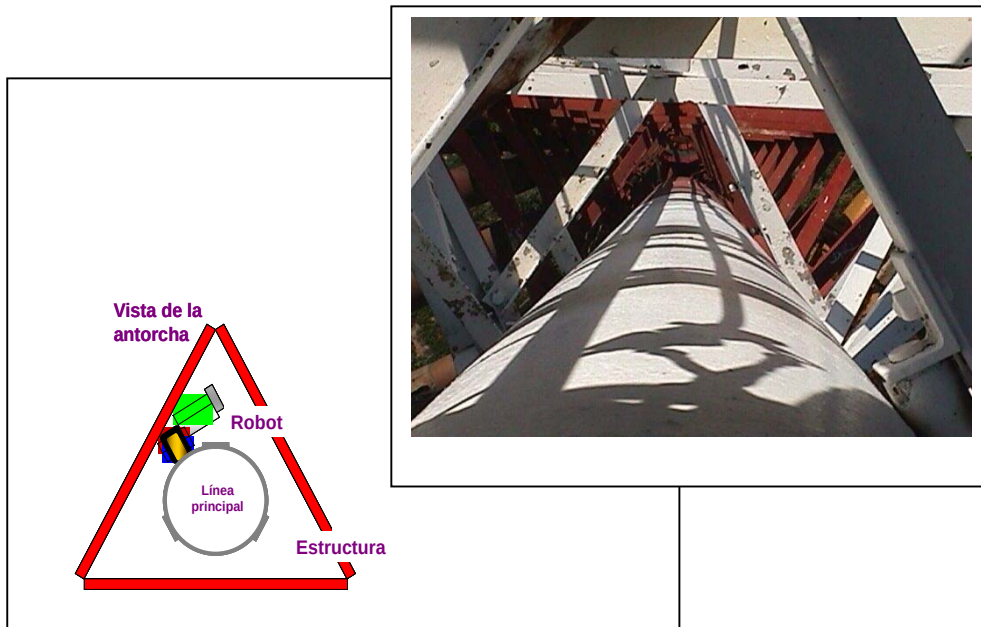
El dispositivo fue probado en cañerías similares accesibles, a fin de detectar fallas, optimizar el diseño y evitar contratiempos durante la ejecución del trabajo in situ.

Ejecución de la inspección:

Desde la base de comando el robot era controlado / 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 se observa una sección del dispositivo ubicado en la posición prevista de trabajo (nótese lo reducido y complicado del espacio disponible).

Figura 6 Condición de trabajo



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 el personal y verificar la ausencia de interferencias de radiofrecuencia; y otras dos en la mitad superior completando el objetivo planteado. Cada una de estas etapas se realizó en un lapso de 3 horas aproximadamente en función de la autonomía del equipo.

Imágenes del robot operando



Resultado:

La medición cubrió las expectativas planteadas en calidad, alcance y precisión. El estado mecánico del caño fue satisfactorio, no siendo 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 la adecuada anticipación, con costos razonables, plazos reducidos y riesgos controlados.

- Costos total aproximado U\$D 15000
- 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 cámara y edición
- AEI SRL – Ensayos no destructivos
- Gustavo Ventosa - Radiocomunicaciones

ANEXO “A”

Datos Técnicos helicóptero radio controlado

Equipo de Radio Helicóptero:

- Radio Futaba 9Z WC2
- Receptor Futaba R149DP
- Frecuencia 72 330
- Servos
- Pack de baterías Radio 800mAh - receptor 1500mAh

Equipo de radio para cámara:

- Radio Futaba 8
- Receptor Futaba

Helicóptero:

- Marca Hirobo Eagle Freya (origen Japonés)
- Peso 5 kilos
- Diámetro rotor 1,533m
- Largo 1,375m
- Motor OS 61
- Materiales de construcción: Plástico – Aluminio – Acero – Fibra de Carbono
- Material de las palas del rotor Fibra de Carbono

Combustible:

- Marca Modelfuel
- Componentes: Alcohol metílico – Nitrometano Angus – Aceite Ricino -
- Aceite Sintético Klotz Techniplate

Receptor Cámara:

Modelo:	AAR14
Aplicación:	Aeroplano, Sistema de helicóptero
Licencia requerida:	Licencia amateur para radio (EE.UU.), 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- transmisor:	12vdc @ 240mA (sin cámara)
Energía requerida- 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

Camara:

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:	180 mA @ 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. auto exposición. - 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 previo al vuelo

Cada vez que se proceda a la puesta en marcha se controlaran los siguientes pasos.

Llenar el tanque combustible

Controlar todas las mangueras de combustible y presurización por perdidas y estrangulamiento.

Revisar

Rotulas de movimiento de 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 porta palas de 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. Así mismo deberá estar alejado de baterías o cables que puedan tener tensión.

Pasos a seguir previo al encendido:

1. Encendido de transmisor y receptor del helicóptero.
2. Voltaje de las baterías.
3. Control de movimiento de cada uno de los servos de helicóptero.
4. Encendido del transmisor de cámara.
5. Encendido de control de transmisión y recepción de movimiento de cámara.
6. Voltaje de las baterías.

7. Control del movimiento de los servos de cámara.

8. 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 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 el correcto funcionamiento del mismo con un tiempo aproximado de un minuto. A partir de que todo funcione correctamente, se procede con el trabajo asignado.

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