

PRACTICA EMPRESARIAL
MEJORAMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PROTECCION CATODICA
DE LA EMPRESA INSERCOR LTDA.

JOHAN MAURICIO MONCADA ROMERO

ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
FACULTAD INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2009

PRACTICA EMPRESARIAL
MEJORAMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PROTECCION CATODICA
DE LA EMPRESA INSERCOR LTDA.

AUTOR:
JOHAN MAURICIO MONCADA ROMERO

Trabajo de grado para optar el titulo de:
INGENIERO METALURGICO

TUTOR:
Msc. HENRY HUMBERTO LIZCANO PAEZ.

ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
FACULTAD INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2009

DEDICATORIA

A Dios, a la Virgen María por ser mi apoyo incondicional

*A mis padres Jorge y Blanca por confiar en mí, por darme esa luz
que guió mi camino y brindarme los mejores consejos de sus vidas
para así lograr esta meta en mi vida.*

A mi hermana por apoyarme en cada segundo mi vida.

*A mi familia por su incondicional apoyo y porque fueron día a día
la fuente de mi inspiración para culminar esta etapa de mi vida.*

*A mis amigos por hacer reír en los momentos más difíciles de mi
vida por comprenderme y por compartir conmigo cada momento de
nuestras vidas.*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A mi país por brindarme un espacio, un entorno agradable, por hacerme soñar y construir este futuro que voy a empezar a vivir.

La Universidad Industrial de Santander por brindarme un mundo lleno de conocimientos y experiencias que han hecho de mí la formación de un hombre integral.

La Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales tanto a la parte administrativa como la parte académica que me brindó un apoyo incondicional en cada paso de este logro de mi vida.

A mis profesores que dieron en cada segundo de su clase los mejores conocimientos para hacer crecer como profesional, para mí son más que mis profesores mis amigos.

Señor Luis Orlando Aguirre profesor y Director de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, por su apoyo y su amistad.

Señor Henry Lizcano Páez, Gerente de la empresa Insercor Ltda. Por la oportunidad brindada.

Señora Martha Arguello Lizcano, Gerente financiera de la empresa Insercor Ltda. Por el apoyo Financiero prestado para llevar a cabo este logro de mi vida.

A mi abuela por apoyarme, por prestarme ayuda cuando más lo necesite por brindarme aquellos momentos de su vida aconsejándome en cada paso de mi formación como profesional.

Al grupo de trabajo del Ingeniero Aguirre por su apoyo incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	1
JUSTIFICACION	3
OBJETIVOS	6
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVO ESPECIFICO	6
1.MARCO TEORICO	7
1.1.MARCO TEORICO TECNICO	7
1.1.1 Corrosión	7
1.1.2 Protección catódica (PC).	9
1.1.2.1 Protección catódica galvánica.	12
1.1.2.2 Protección catódica por corriente impresa	12
1.1.2.3 Levantamiento del perfil de resistividad del suelo.	18
1.1.2.4 Análisis químico del suelo	20
1.1.2.5 Objetivos de la protección catódica.	24
1.2. MARCO ADMINISTRATIVO	24
1.2.1 Benchmarking	24
1.2.1.1 Benchmarking interno	26
1.2.1.2 Benchmarking externo	26
1.2.1.3 Proceso de benchmarking	26
1.3. MARCO TECNOLOGICO.	28
1.3.1 Plataforma tecnológica y científica.	28
2. METODOLOGIA	31
2.1. METODOLOGIA EN INSPECCION	31
2.1.1 Actividad 1.Recopilación de la información	31
2.1.2 Actividad 2. Análisis de espesores de laminación Bala 1	32

2.1.3 Actividad 3. Análisis de espesores de la Bala 1	32
2.1.4 Actividad 4.Elaboración de planos	32
2.2. METODOLOGÍA DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA.	33
2.2.1 Actividad 1.Medición de potenciales naturales	33
2.2.2 Actividad 2. Medición de resistividades	33
2.2.3 Actividad 3. Toma de muestras de suelo zona II y zona IV.	33
2.2.4 Actividad 4.Prueba de inyección de corriente	33
2.3. ACTIVIDAD EN BENCHMARKING.	34
2.3.1. Actividad 1.creación de estructura de negocios.	34
2.3.2. Actividad 2. Encuesta interna diagnostico empresarial	34
2.3.3. Actividad 3. Objetivo del benchmarking	34
2.3.4. Actividad 4. Puntos críticos de mejoras	34
2.4 Actividad de plataforma tecnológica y científica bajo un marco de software interactivo de administración de contenidos	35
2.4.1. Actividad 1. Instalación del paquete de administrador de contenidos	35
2.4.2. Actividad 2. Desarrollo de contenidos y de usuarios bajo documentación de la empresa Insercor Ltda.	35
3. RESULTADOS	36
3.1. ESTUDIO DE INSPECCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESIÓN DE PROPILENO GRADO REFINERÍA.	36
3.2. ESTUDIO DE REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA DE LOS TANQUES T-01 Y T-02 QUE COMPRENDE LA ZONA I DEL CAMPO.	38
3.2.1. REDISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA EXTERIOR DEL TANQUE T-01	38
3.2.1.1 Definiciones para el diseño de protección catódica por corriente impresa para el tanque T-01	39

3.2.1.2 Resistividad del terreno de la zona I	40
3.2.1.3. Fisicoquímica del suelo	42
3.2.1.4 Criterios de diseño	43
3.2.1.5 Calculo de diseño	46
3.2.1.6 Monitoreo de potenciales	55
3.2.1.7 Procedimientos básicos de instalación	56
3.2.2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA EXTERIOR DEL TANQUE T-02.	61
3.2.2.1 Definiciones	62
3.2.2.2 Resistividades de la arena.	62
3.2.2.3 Criterio de diseño	63
3.2.2.4. Cálculo de diseño.	67
3.2.2.5 Monitoreo de potenciales	84
3.2.2.6 Procedimiento básico de instalación	85
3.3. BENCHMARKING DE INSERCOR LTDA	90
3.4. PLATAFORMA TECNOLÓGICA Y CIENTÍFICA BAJO UN CMS (SISTEMA DE ADMINISTRACION DE CONTENIDOS)	95
3.4.1 Sistema de Administración de Contenidos – INSERCOR LTDA.	97
4.CONCLUSIONES	108
BIBLIOGRAFIA	111
ANEXOS	114

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Celda de corrosión	10
Figura 2. Protección Catódica aplicada a una estructura	11
Figura 3. Protección catódica con ánodos galvánicos	12
Figura 4. Protección catódica por corriente impresa	13
Figura 5. Método de los cuatro pines para la toma de resistencia del suelo	19
Figura 6. Etapas del proceso del Benchmarking	27
Figura 7. Ubicación de celdas de referencia Cu-CuSO ₄	55
Figura 8. Esquema de la geomembrana	70
Figura 9. Alcance de la cinta anódica	71
Figura 10. Esquema de las cintas anódicas de MMO	76
Figura 11. Esquema de una sección de cinta que cubre 1.2 metros del fondo del tanque	79
Figura 12. Esquema de barras y power feeds	83
Figura 13. Ubicación celdas de referencia Cu-CuSO ₄	85
Figura 14. Estructura de negocios	91
Figura 15. Campos principales A	96
Figura 16. Campos principales B	97
Figura 17. Pre-instalación.	98
Figura 18. Licencia	99
Figura 19. Paso 1.	100
Figura 20. Paso 2.	100
Figura 21. Paso 3.	101
Figura 22. Paso 4.	101
Figura 23. Acceso a la administración de Joomla.	102

Figura 24.Pagina principal de Gestores de contenidos.	103
Figura 25.Pagina principal de Gestores de usuarios.	103
Figura 26.Pagina listado de usuarios.	104
Figura 27.Pagina administrador de grupos	104
Figura 28.Grupos asignados.	105
Figura 29.Gestor de documentos.	105
Figura 30.Adicionar documento.	106
Figura 31.modulos de información.	106

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resistividad del terreno vs. Grado de corrosividad	19
Tabla 2. Datos de espesor de boquillas de la bala 1.	36
Tabla 3. Espesores boquilla N° 1 de la bala 1	37
Tabla 4. Espesores para boquillas	37
Tabla 5- Resistividades Zona I	40
Tabla 6. Datos de Resistividades y Cálculos Barnes para T-01	41
Tabla 7. Análisis fisicoquímico de suelo zona I	42
Tabla 8. Longitud de cintas anódicas por cuadrante (1)	72
Tabla 9. Longitud de cintas anódicas por cuadrante (2)	75
Tabla 10. Longitudes de cintas anódicas para el fondo del tanque	77
Tabla 11. Longitud de barras de titanio por cuadrante	82
Tabla 12. Longitudes de barras de titanio para el fondo del tanque	82

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Reporte de Medición de Durezas	114
Anexo B Reporte Líquidos Penetrantes	115
Anexo C Reporte de Inspección por Partículas Magnéticas	116
Anexo D Registro de Medición de Espesores por Ultrasonido	117
Anexo E Norma API 574	118
Anexo F Espesores de laminación bala1	121
Anexo G Planos de Balas	122
Anexo H Hoja de cálculo de Barnes	124
Anexo I Resultado de Análisis químico del suelo	125
Anexo J Resistividades Zona I	126
Anexo K Formato encuesta	127
Anexo L Resultado encuesta	129
Anexo M Visualizaciones de la plataforma	141
Anexo N Hoja de cálculo de Balas	144
Anexo Ñ Hoja de cálculo de malla grid	145
Anexo O Planos de PC zona I	146
Anexo P Registro fotográfico	149

RESUMEN

TITULO: MEJORAMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PROTECCION CATODICA DE LA EMPRESA INSERCOR LTDA

AUTOR: JOHAN MAURICIO MONCADA ROMERO**

Palabras claves: Protección catódica, benchmarking, plataforma tecnológica y científica.

El proyecto, "MEJORAMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PROTECCION CATODICA DE LA EMPRESA INSERCOR LTDA" tenía como objetivo participar en los trabajos de campo de protección catódica durante la práctica industrial, para el mejoramiento de los procedimientos aplicables a este campo de acción. La protección catódica es una técnica utilizada para mitigar los efectos de la corrosión en las estructuras que están en contacto con un ambiente corrosivo. Para llegar al mejoramiento de los procedimientos se realizó el análisis técnico y de campo del rediseño del sistema de protección catódica de dos tanques , un diseño de cama distribuida y otro con malla grid ,posteriormente se procedió al reconocimiento de la empresa basado en un benchmarking interno generando un visión de la empresa y posibles mejoras enfocadas al ámbito competitivo y así estructurar los campos de aplicación de la empresa para posteriormente sugerir una plataforma tecnológica y científica bajo un sistema de administración de contenidos para organizar, sectorizar y asegurar los datos de la empresa para fortalecerla administrativa y técnicamente. La estructura de este proyecto se divide en tres: una parte técnica que integra el rediseño de protección catódica, una administrativa que integra el benchmarking y una tecnológica que integra la plataforma tecnológica y científica, las cuales se complementan una a la otra para fortalecerse entre sí.

* Trabajo de grado en la modalidad practica empresarial.

** Facultad de físico-químicas, Escuela de Ingeniería Metalúrgica y ciencia de materiales. Director de proyecto Luis Orlando Aguirre, Tutor: Henry Lizcano Paez.

ABSTRACT

TITLE: IMPROVED PROCEDURES OF CATHODIC PROTECTION ABOUT THE INSERCOR LTDA COMPANY.*

AUTHOR: JOHAN MAURICIO MONCADA ROMERO**

Key words: Cathodic protection, benchmarking, technologic and scientific plataform.

The project, "IMPROVED PROCEDURES OF CATHODIC PROTECTION ABOUT THE INSERCOR LTDA COMPANY" had as a goal participate in works about the cathodic protections fields during the industrial practice to the improvement the procedures relevant to this field. The cathodic protection is a technique used to decrease the corrosion effects in structures that is in permanent contact with corrosive environment. To reach improvement of the procedures was done a technical and practical analyzes about the redesign of cathodic protection system to two tanks, a desing of bed spread and other with grid mesh, later was done in the company recognition based in a internal benchmarking generating a company vision and possible improvements focused to competitive environment and so categorize the applications fields of company to later suggest a technologic and science plataform in a contents administration system to organize, sectorize and guarantee the documents about this company. To strengthen administrative and technical structure of this project is divided into three: a technique section that integrates the redesign of cathodic protection, an administrative section of the benchmarking; and a technological that integrates technological and scientific plataform which complement each other to strengthen each other.

* Graduation Project in industrial practice type.

** Physical-Chemistry Engineering department. Metallurgical and Material Science School. Director Ing Luis Orlando Aguirre. Tutor: Henry Lizcano Paez.

INTRODUCCION

Las grandes pérdidas económicas ocasionadas por el deterioro de equipos por corrosión a generado en los últimos años el fortalecimiento de las diferentes aplicaciones de protección catódica en los distintos ámbitos industriales debido a que son requeridos para la integridad estructural de los diferentes componentes industriales utilizando nuevas tecnologías las cuales han sido aplicadas para dicho fin basándose en normas internacionales; la integración de dichas normas han hecho que el sector industrial colombiano este en constante avance y así genere nuevos campos en las áreas tanto científico como tecnológico, generando empresas más competitivas tanto a nivel nacional como internacional.

La implementación de las plataformas científico-tecnológicas bajo un sistema de administración de contenidos son una innovación en el sector productivo, investigativo y científico, que sea desarrollado en Europa en la última década para consolidar las diferentes empresas ante un proceso de globalización ,agrupando así los diferentes campos de implementación tanto en el sector productivo como de servicios basados en un benchmarking empresarial para la sistematización , continuidad y evaluación de los diferentes procesos empresariales al servicio de la industria en un campo específico.

La empresa Insercor Ltda. propuso una práctica industrial para revisar los procedimientos de trabajo, mediante la participación en actividades de campo relacionadas con el estudio y diseño en protección catódica, con el objeto de fortalecerlas mediante una plataforma tecnológica y científica integrando todos los sectores de la empresa.

Esta práctica industrial cubrió un estudio técnico basado en los diseños de protección catódica aplicados a la industria del almacenamiento de hidrocarburos para el reconocimiento de los diferentes procedimientos utilizados en este campo de aplicación, generando posibles mejoras para su desarrollo; también se logró un estudio administrativo para el reconocimiento de los diferentes campos de aplicación de la empresa Insercor Ltda. bajo la implementación de un benchmarking el cual generó puntos críticos de mejoras que pueden ser aplicadas por la gerencia para aumentar su nivel de competitividad. La integración de estos dos estudios se fundamentó en la creación de una plataforma tecnológica basada en un programa de contenido de datos para organizar, sectorizar y garantizar el aseguramiento de los datos y así fortalecer administrativamente y técnicamente la empresa Insercor Ltda.

JUSTIFICACION

La empresa Insercor Ltda. actualmente no posee una base de datos para sectorizar, organizar y asegurar todos los datos de los diferentes sectores de aplicación de la empresa, por lo cual genera pérdida de información valiosa para la empresa, por eso se propone la innovación de una plataforma interactiva basando en un programa para el contenido de datos el cual se desarrolla en un ambiente web bajo el requerimiento técnico de un servidor y una base de datos, por lo cual se requieren mejoras en la metodología para la aplicación de normativas basadas en protección catódica teniendo en cuenta una interacción científico y tecnológico para mejorar la competitividad, desarrollo y crecimiento de la empresa.

La creación de la plataforma tecnológica y científica parte de un estudio administrativo necesario en la empresa para fortalecerla competitivamente frente a otras empresas y afianzarla en el sector industrial y académico, por lo cual se centro la aplicabilidad de esta plataforma en el campo de protección catódica ya que en los distintos ámbitos industriales se ha fortalecido su aplicación debido a su requerimiento para la integridad de materiales y nuevas tecnologías.

La integración de la nuevas normativas internaciones y nacionales han hecho que el sector industrial colombiano este constantemente actualizado y así genere nuevos campos en las áreas tanto científico como tecnológico para estar en constante avance con la industria internacional, generando así una empresa más competitiva tanto a nivel nacional como internacional.

La plataforma científico-tecnológica bajo un gestor de contenidos es una innovación en el sector productivo, investigativo y científico, agrupando los diferentes campos de implementación de la empresa tanto en el sector de la protección como inspección de equipos, los cuales fueron seleccionados por la importancia estratégica o por su aporte a la innovación, competitividad, y crecimiento basados en el conocimiento¹.

Las plataformas tecnológicas juegan un papel importante en los esfuerzos por impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico, aprovechando al máximo el conocimiento, desempeñando una función primordial para identificar las prioridades de investigación y ejecución con las necesidades de la industria, preservar y proteger el conocimiento generado.

El implementar estas mejoras en los procedimientos de protección catódica bajo un software interactivo generara que la empresa obtenga un reconocimiento frente a otras empresas ganando competitividad en el sector industrial; teniendo en cuenta, que en los últimos años la globalización de los procesos de protección e inspección se está llevando a cabo por lo cual es de gran importancia generar este nuevo campo tecnológico y científico.

Se proporcionara un marco para definir prioridades de investigación y desarrollo, hojas de ruta y planes de acción, en temas estratégicos importantes, donde el crecimiento, la competitividad y la sustentabilidad dependen de los avances en investigación y tecnología; tanto a mediano como a largo plazo, las cuales se fundamentaran en la funcionalidad de los diferentes campos de desempeño de la empresa.

¹ European Technology Platforms (ETP's), Gobierno de Chile CONICYT.

La industria colombiana necesita especializarse más en áreas de alta tecnología. Es preciso aumentar la inversión en investigación, mejorar la coordinación en todo el país y elevar el contenido tecnológico y cognoscitivo de la actividad industrial.

Actualmente las empresas de extracción de crudo cuentan con varias estaciones de recolección a lo largo de todo el territorio colombiano; en estas estaciones se cuenta con varios tanques de almacenamiento, la mayoría de los cuales no tienen ningún tipo de protección contra las reacciones físico-químicas que se presentan al contacto de los materiales con un medio agresivo, generando el fenómeno llamado corrosión, además de tenerse proyectado la construcción de algunos tanques debido al proceso que lleva actualmente las empresas del sector de almacenamiento de hidrocarburos que es aumentar su producción y almacenamiento de grandes volúmenes, debido a que gran parte de los tanques de almacenamiento que existen no han tenido protección contra la corrosión y debido a la instalación de tanques nuevos, se ve la necesidad de diseñar un sistema de protección catódica que ayude a protegerlos de la corrosión, para evitar problemas de vida útil y presentar algún tipo de problema en su estructura.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Participar en trabajos de campo de protección catódica durante la práctica industrial, para el mejoramiento de los procedimientos aplicables a este campo de acción.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Participar en el estudio del “SERVICIO DE INSPECCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESIÓN DE PROPILENO GRADO REFINERÍA.
- Participar en el “REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA DE UN CAMPO DE PETROLEO”.
- Comprobar los datos generados en los diferentes estudios realizados para el “REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA DE UN CAMPO DE PETROLEO”.
- Reestructurar y sectorizar los diferentes campos de aplicación de protección catódica, basados en los resultados de la practica industrial, para la implementación de nuevos recursos informáticos alineados con la normatividad vigente y en un diagnostico sobre el desarrollo técnico y científico de la empresa Insercor Ltda.

1. MARCO TEORICO

El marco teórico se divide en tres partes las cuales son implementadas para el desarrollo de los objetivos planteados; cada una de las partes se complementa una a la otra integrándose para el desarrollo final de la creación de una plataforma científica y tecnológica.

- ❖ Marco Teórico técnico: este marco integra principalmente la corrosión la implementación de la protección catódica como técnica para mitigar este fenómeno.
- ❖ Marco Administrativo: este marco integra el estudio en benchmarking para el hallazgo de puntos críticos de mejoras y la implementación de nuevos campos de acción en la empresa.
- ❖ Marco Tecnológico: este marco integrara la creación de la plataforma tecnológica para la organización, sectorización y aseguramiento de los datos de la empresa Insercor Ltda.

1.1. MARCO TEORICO TECNICO

1.1.1 Corrosión. La corrosión es un fenómeno físico-químico el cual puede ser definido como el deterioro de los materiales debido a una interacción química o electroquímica en un entorno agresivo, este fenómeno abarca todos los materiales, tanto de origen natural y hechas por el hombre incluyendo plásticos, cerámicas y metales².

² PEABODY'S CONTROL OF PIPELINE CORROSION. Second edition. A.W.Pedaboy.

La corrosión metálica es el resultado de la interacción de un metal y un no metal mediante una reacción se genera los productos de corrosión, estos productos tienen la misma naturaleza de los minerales en su estado nativo para la obtención de los metales.

La corrosión está presente a lo largo de todo el proceso de extracción y producción de la industria de los hidrocarburos; ya que cuenta con una estructura metálica la cual está en contacto con medios corrosivos, la corrosión está asociada directamente con la producción, transporte del crudo y agentes ambientales o externos, este fenómeno se presenta debido a que el crudo tiene presente una fase acuosa o por la presencia de medios corrosivos.

La corrosión se presenta debido a diferentes factores que hacen favorecer el deterioro estructural de las diferentes plantas de hidrocarburo y almacenamiento, por lo cual se han desarrollado métodos efectivos para mitigar el efecto del medio corrosivo con la estructura metálica.

Los enlaces metálicos tienden a transformarse en enlaces iónicos, el material puede en cierto momento transferir y recibir electrones, creando zonas catódicas y zonas anódicas en su estructura.

Este mecanismo desde un punto de vista termodinámico y electroquímico, muestra que el metal tiende a volver a su estado primitivo o de mínima energía, siendo la corrosión por lo tanto la causante de grandes perjuicios económicos en instalaciones enterradas. Por esta razón, es necesaria la adecuada utilización de las diferentes técnicas de protección catódica.

La corrosión de los materiales de ingeniería se puede producir a temperatura ambiente en un medio o disolución acuosa y en entornos de naturaleza específica. La disolución acuosa se conoce como electrolito y en el caso de las estructuras enterradas en el suelo húmedo, el fenómeno de corrosión implica la pérdida de electrones en el metal y la ganancia de electrones por parte de la reacción de reducción creando celdas de corrosión.

La celda de corrosión consta de un ánodo, un cátodo, un electrolito y una conexión o camino metálico.³

La corrosión de tuberías subterráneas y otras estructuras es a menudo el resultado de la corrosión debido a la formación de celdas que se dan a lo largo de la estructura. Estas influyen en el diferencial de aireación, donde las diferentes partes de una tubería están expuestas a distintas concentraciones de oxígeno debido a la naturaleza de la estructura y de la química del suelo.

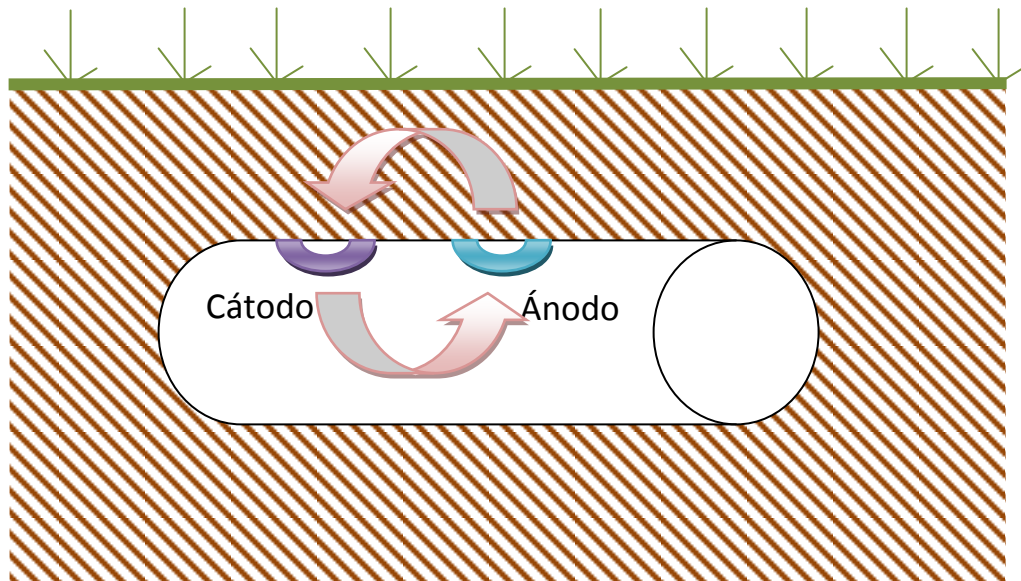
La corrosión externa de tanques son el producto de una interacción directa con medios corrosivos que generan celdas a lo largo de la estructura generando la disminución de la vida útil del tanque, es necesario un estudio adecuado del medio para poder utilizar el tipo de protección catódica propicio.

1.1.2 Protección catódica (PC). La Protección Catódica (PC) se fundamenta en que la corrosión es el resultado de la reacción electroquímica debido a una diferencia de potencial entre un ánodo y un cátodo, conectados por medio de una

³ CATHODIC PROTECTION TECHNICIAN CP2. Nace International.2008

conexión eléctrica e inmerso en un mismo electrolito creando así una celda de corrosión como podemos observar en la figura 1..

Figura 1. Celda de corrosión



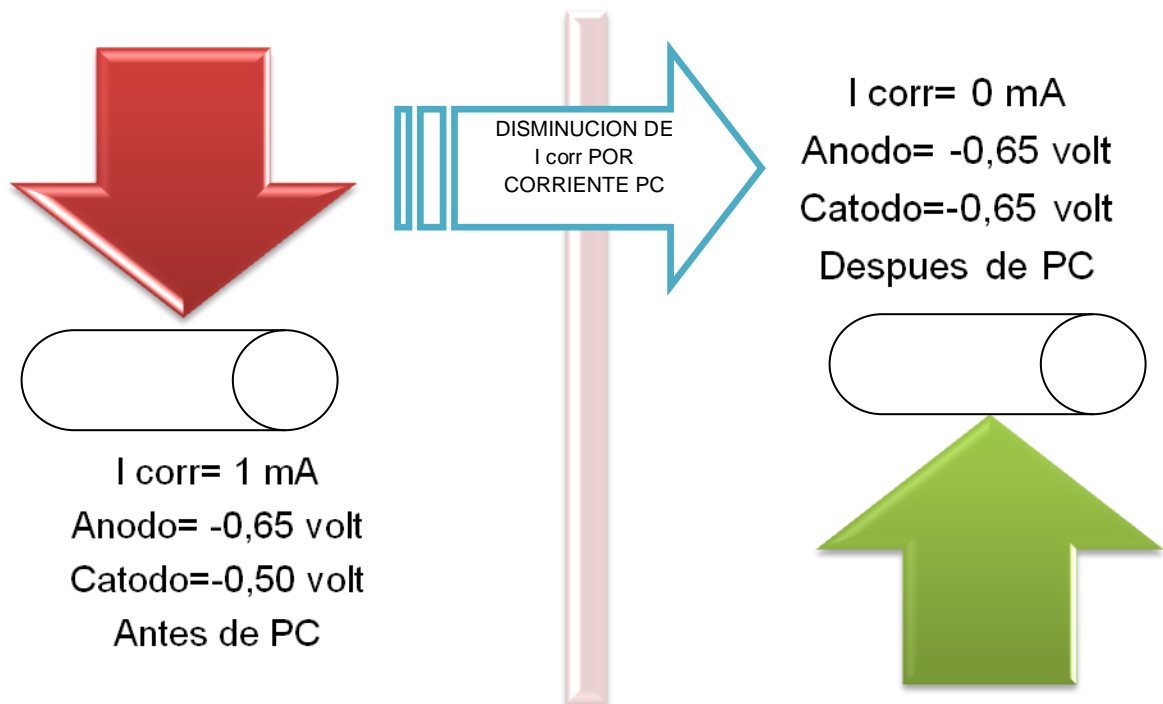
El concepto de protección catódica implica reducir a cero la diferencia de potencial generado por el cátodo y el ánodo obteniendo como resultado una corriente de corrosión igual a cero; esto se puede lograr imprimiendo corriente continua (DC) hacia la estructura desde un electrodo externo y polarizando los sitios catódicos. A medida que los potenciales de los sitios catódicos se polarizan hacia los potenciales de los sitios anódicos, se reduce la corriente de corrosión.

Cuando los potenciales de todos los sitios catódicos alcanzan el potencial de los sitios anódicos más activos, se elimina la corrosión en la estructura. Ahora la estructura pasa a ser el cátodo de una celda de corrosión intencional.

La corrosión del metal cesará una vez que la corriente aplicada de protección catódica iguale o exceda la corriente de corrosión.⁴

La corriente de protección catódica es suministrada desde un ánodo externo y circula por el electrolito hacia el metal reduciendo así el diferencial de potencial entre los sitios anódicos y catódicos como se puede observar en la Figura 2.

Figura 2. Protección Catódica aplicada a una estructura



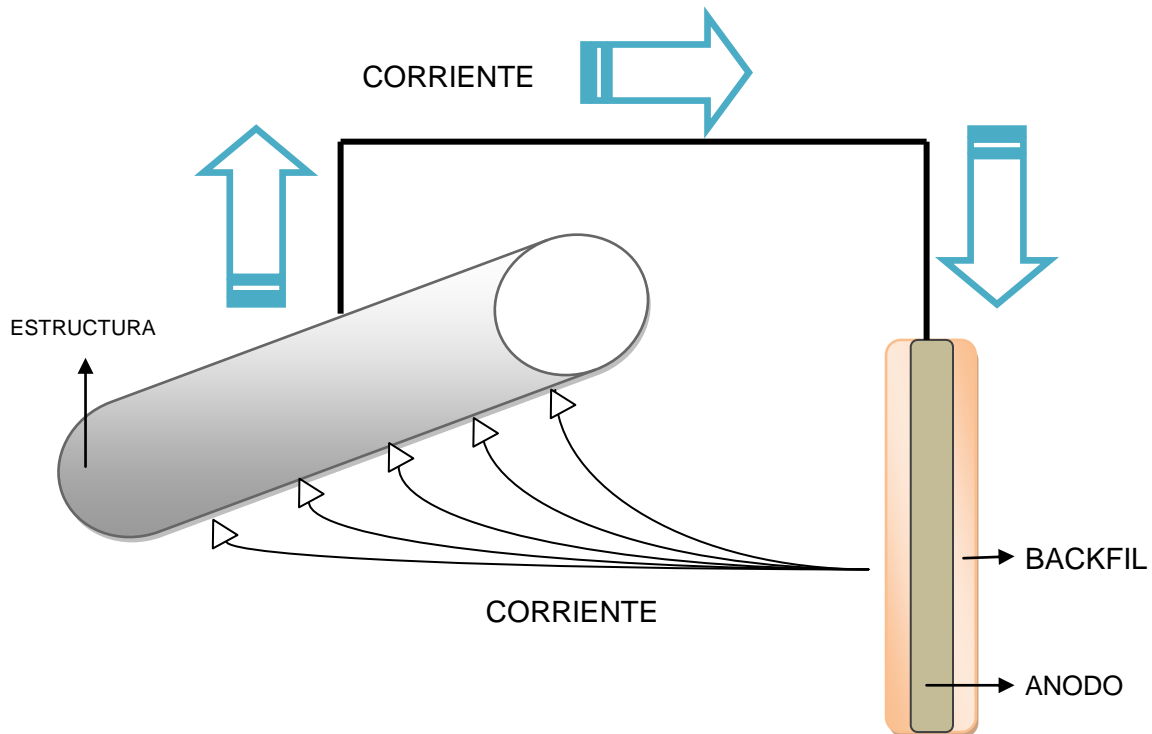
Existen dos tipos de protección catódica:

- ❖ PC galvánico.
- ❖ PC corriente impresa.

⁴ CATHODIC PROTECTION TECHNICIAN CP2. Nace International.2008

1.1.2.1 Protección catódica galvánica. Este tipo de protección catódica requiere de ánodos de sacrificio, del backfill o relleno anódico, de una conexión entre los ánodos y la estructura, como se puede observar en la Figura 3.

Figura 3. Protección catódica con ánodos galvánicos

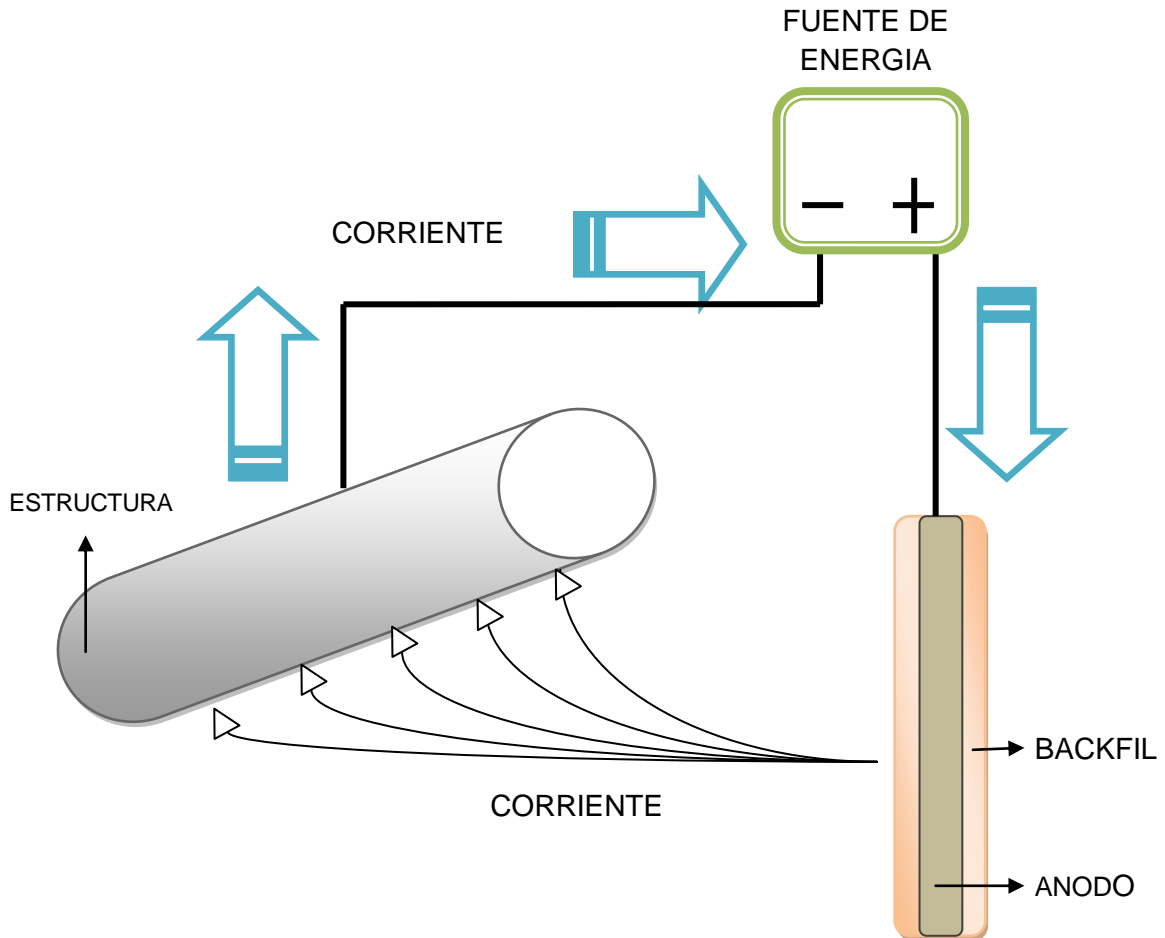


La protección catódica galvánica se fundamenta en el principio de que un metal más activo conectado a un material menos activo formara una celda de corrosión galvánica. Esto se usa para proteger la estructura o el metal menos activo. El metal más activo se sacrificará para así proteger el otro metal por lo cual se le da el nombre a estos ánodos como ánodos de sacrificio.

1.1.2.2 Protección catódica por corriente impresa. Este tipo de protección catódica requiere de ánodos para corriente impresa, relleno (backfill), una fuente de energía o rectificador, cableado y conexiones como se puede observar en la

figura 4; a diferencia con la protección catódica por ánodos de sacrificio los ánodos de la PC por corriente impresa debido a su naturaleza se consumen más lentamente y este sistema requiere niveles de voltaje y corriente más altos.

Figura 4. Protección catódica por corriente impresa



Las diferentes aplicaciones de la protección catódica por corriente impresa son usadas comúnmente:⁵

- ❖ Para requerimientos de corrientes grandes, especialmente en estructuras desnudas o mal recubiertas.

⁵ CATHODIC PROTECTION TECHNICIAN CP2. Nace International.2008.

- ❖ En electrolitos de cualquier resistividad
- ❖ Como una forma económica de proteger estructuras en las que los ánodos galvánicos se han consumido.
- ❖ Para corregir problemas de corrientes vagabundas o interferencia catódica
- ❖ Para proteger grandes caídas de agua en condensadores, calentadores de petróleo y otros recipientes.
- ❖ Para el interior de tanques de almacenamiento de agua.
- ❖ Para el exterior de fondos (tanto primarios como secundarios) de tanques de almacenamiento a nivel.
- ❖ Para tanques grandes de almacenamiento, enterrados.
- ❖ Para componentes sumergidos en estructuras marítimas.
- ❖ Para pilotes de fundación, tanto enterrados como sumergidos.

Los ánodos más usados para el diseño de protección catódica por corriente impresa son:

- ❖ Ánodos de grafito
 - ❖ Ánodos de plomo
 - ❖ Ánodos de óxidos metálicos (mixed metal oxide o MMO)
 - ❖ Platino
 - ❖ Metal de regazo
 - ❖ Titanio metalizado
 - ❖ Metalizado con aleaciones de Zinc y Aluminio
 - ❖ Magnetita
 - ❖ Aluminio
- Ánodos de óxidos metálicos (mixed metal oxide o MMO). Los ánodos de MMO están elaborados con metales de tierras raras, con sustrato de titanio , estos ánodos se usan para la aplicación de la protección catódica y la velocidad de

consumo están en el orden de 1mg/A-año^6 , una densidad cercana $4\text{-}6\text{ gr/cm}^3$ y una densidad de corriente entre $(80\text{ -}100\text{ mA/cm}^2)^7$, por lo cual hace que este tipo de ánodo sea el más propicio y el más utilizado para un sistema de PC por corriente impresa debido a su poco peso y su facilidad de manejar, además de la gran capacidad de salida de corriente que tiene comparado con otros de grafito o Fe/Si y Fe/Si/Cr. Estos ánodos también son poco quebradizos⁸.

➤ Relleno anódico. Uno de los materiales más utilizados para el relleno de los ánodos es el carbón; el objetivo del material de relleno es:

- ❖ Reducir la resistividad del medio es decir alrededor del ánodo, aumentando la cantidad de corriente que este pueda descargar. y así distribuir simétricamente la corriente de protección catódica.
- ❖ Aumentar la superficie del ánodo, para incrementar la cantidad de corriente que este puede drenar.
- ❖ Reducir el consumo del ánodo, ya que el carbón pasa a formar parte del ánodo y es la parte que primero se consume.

Comercialmente se puede encontrar el relleno de coque como coque de petróleo calcinado o coque metalúrgico, también hay coque sin calcinar pero este último no es muy recomendado para la PC dado que puede tener una resistencia eléctrica elevada, lo que afecta la distribución de corriente.

El coque es un material que se obtiene a partir del carbono por un proceso pirometalúrgico, de este proceso depende su comportamiento y características particulares que afectan el proceso de PC. El coque comercial usado para dicho

⁶ CATHODIC PROTECTION TECHNICIAN CP2. Nace International.2008

⁷ PROTECCION CATODICA. Guldager Electrolisis. Wilson Walton.2004.

⁸ FICHA DE PRODUCTO DE ANODO TITANIO ACTIVADO.

fin debe tener un mínimo contenido de cenizas, el tamaño de la partícula interviene en la densidad de corriente y en su resistencia por tanto se sugiere utilizar coque con una mezcla de partículas de menor y mayor tamaño los cuales son parámetros exigidos para el diseño de PC⁹.

➤ Fuente de energía. A diferencia del sistema de PC de ánodos de sacrificio en donde la fuerza impulsora es el potencial natural entre el ánodo y el cátodo, el sistema de PC por corriente impresa requiere de una fuente externa que suministre energía.

La fuente más común para ser usada en un sistema de PC por corriente impresa es un transformador/Rectificador, el cual es referido como un rectificador. Un rectificador convierte la tensión de corriente alterna AC al voltaje requerido y luego la convierte a corriente continua DC.

➤ Cableado y conexiones. En el sistema de PC por ánodos de sacrificio, el cableado y conexiones están protegidos por el mismo ánodo a diferencia del sistema por corriente impresa en donde cualquier metal que este expuesto es parte del ánodo, por lo cual el metal expuesto se corroerá rápidamente por tanto para el sistema de PC por corriente impresa se requiere un cableado con aislación dieléctrica. Los cables más comunes son revestidos con polietileno de alto peso molecular (HMWPE).

➤ Aspectos ambientales. El diseño de camas profundas presentan problemas ambientales debido a la interacción entre ánodo y el medio, para evitar la

⁹ EL COQUE METALURGICO APLICADO A PROTECCION CATODICA. Yenny Puerto, Maria Trivillo.2007.

transferencia de componentes indeseables se usa un material sellante el cual puede ser un tipo de arcilla o cemento especial.

Tanto los ánodos como el medio generan gases propios del fenómeno corrosivo, estos gases pueden tener naturaleza toxica, corrosiva o inflamable por lo cual es necesario diseñar un sistema de venteo a la superficie.

➤ Criterios de diseño de protección catódica por corriente impresa. Los criterios de diseño que son requisitos para el diseño de PC por corriente impresa son los siguientes.

- ❖ Densidad de corriente
- ❖ Área desnuda
- ❖ Temperatura de Operación
- ❖ Factores de Seguridad
- ❖ Tipo de cama Anódica
- ❖ Resistividad de la cama
- ❖ Drenaje de corriente del Ánodo
- ❖ Factor de utilización de Ánodo
- ❖ Naturaleza de los Cables
- ❖ Naturaleza del Backfill o Relleno
- ❖ Potencial de Polarización
- ❖ Vida útil del sistema de PC
- ❖ Profundidad del pozo
- ❖ Estación de prueba
- ❖ Celdas de Referencia
- ❖ Puesta en marcha

1.1.2.3 Levantamiento del perfil de resistividad del suelo. La resistividad del suelo que conforma el medio ambiente, es considerada para el estudio del diseño de PC por corriente impresa.

Por lo cual es necesario tomar los datos de resistividad del suelo donde se va a instalar la cama profunda o distribuida, estos datos sirven para calcular y determinar el tipo, tamaño y número de ánodos a utilizar para satisfacer el diseño de PC por corriente impresa.

La Resistividad del terreno se mide para definir su corrosividad. y consiste básicamente en hacer circular una corriente alterna conocida entre los electrodos de un equipo, midiendo las caídas de potencial entre ellos, localizados a diferentes distancias, lo cual es equivalente a la profundidad donde se presume ha de quedar instalada la estructura o fondo de tanque a proteger o la profundidad de la cama anódica.

Los equipos diseñados para tal fin, entregan el valor de resistencia del terreno y para calcular los datos de resistividad de suelo se utiliza la siguiente fórmula¹⁰:

$$\rho = 2 * \Pi * a * \text{Resistencia del Suelo}$$

Donde:

ρ : Resistividad del Suelo (Ω -cm)

a : Distancia entre pines (cm)

¹⁰ Procedimiento de diseño de sistemas de protección catódica. INSERCOR LTDA.2009

II : 3,141516

Los datos de resistividad del terreno son correlacionados con el grado de corrosividad. La interpretación que varios autores dan a estos valores se puede apreciar en la Tabla 1¹¹

Figura 5. Método de los cuatro pines para la toma de resistencia del suelo

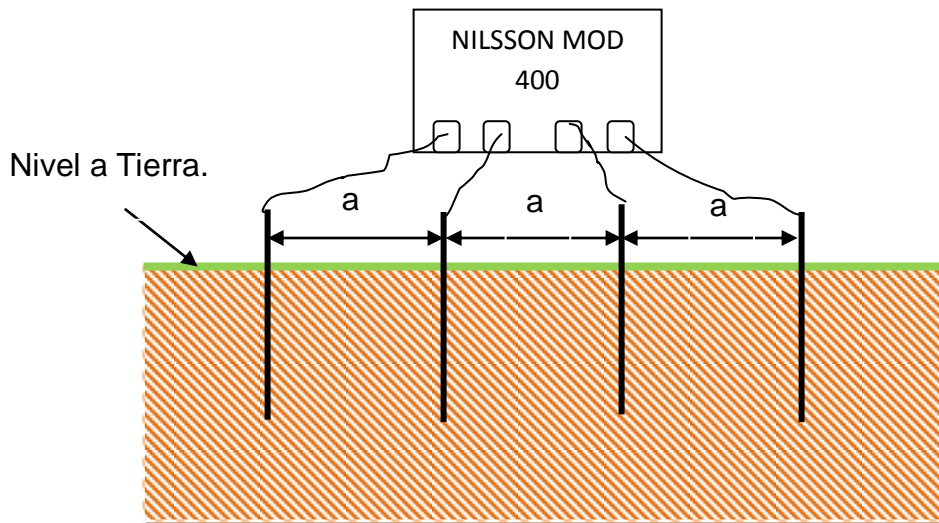


Tabla 1. Resistividad del terreno vs. Grado de corrosividad

Resistividad (Ω -cm)	Grado de Corrosividad
0-2500	Muy Corrosivo
2500-10000	Corrosivo
10000-20000	Moderadamente Corrosivo
20000-100000	Medianamente Corrosivo
> 100000	Poco Corrosivo

Referencia¹²

¹¹ A.W. Peabody, Peabody's Control of Pipeline Corrosion, Pg. 84, Tabla 5.5

1.1.2.4 Análisis químico del suelo. El estudio químico del suelo es de gran importancia debido a su contenido variable de humedad, sales y materia orgánica en descomposición, es importante ya que es el electrolito más complejo y el medio con el cual está en contacto la estructura, la cual se ve sometida a un proceso de corrosión que en algunos casos puede ser de difícil control.

Para llegar a tener un buen control de corrosión en las laminas del fondo de los tanques los cuales están en contacto directo con el medio corrosivo (el suelo), requiere el estudio y diseño de los sistemas de protección catódica adecuado. El suelo generalmente es un medio heterogéneo en donde se dan muchas variaciones en la velocidad de corrosión de los metales.

Un suelo natural contiene los siguientes elementos: arena, arcilla, cal, humus y otros contaminantes. Estos componentes pueden estar mezclados en el suelo en diferentes proporciones que darán lugar a distintos grados de agresividad. Por lo general, los suelos arenosos, margo-arenosos, margo-calcáreos y calcáreos no son agresivos; los suelos arcillosos en algunas condiciones son agresivos.

Los que son agresivos de por sí son las turbas, los humus libres de cal y también los suelos cenagosos y de aluvión. Los suelos artificiales, están formados por escorias y basuras, elementos en putrefacción y residuos humanos e industriales los cuales son también agresivos.

¹² NACE Corrosion Basics

➤ **CAUSAS DE CORROSIÓN DE FONDOS DE TANQUES RELACIONADOS CON BACTERIAS :**

Algunas bacterias presentes en el medio existen bajo condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno) las cuales pueden reducir sulfatos consumiendo oxígeno en el proceso.

Cuando el oxígeno no puede penetrar el suelo, es frecuente el caso en suelos arcillosos o turbosos que debido a sus propiedades físicas impiden el traspaso del oxígeno hacia el interior del suelo, el hidrógeno producido a consecuencia de la reacción catódica en la estructura enterrada puede llegar a ser eliminado por una acción microbiana. Este proceso es el resultado de la actividad metabólica de un microorganismo (la bacteria *Sporovibrio desulfuricans*) que se desarrolla en condiciones anaeróbicas¹³.

Un grupo de bacterias aerobias es decir que existen en un medio en presencia de oxígeno particularmente dañinas son los tiobacilos (*Ferrobacillus ferrooxidans*), que son capaces de generar ácido sulfúrico. La producción de ácido sulfúrico y su concentración alta en áreas pequeñas, puede incrementar la corrosión y la picadura en la estructura.

La cantidad de bacterias por gramo es el indicador de posibles daños sobre el acero. Concentraciones de 1 a 100 bacterias/gramo son pequeñas y despreciables para los efectos de corrosión. Concentraciones mayores a 100 bacterias/gramo hasta 1000 bacterias/gramo producen en el suelo agresividad

¹³ Procedimiento de diseño de sistemas de protección catódica. INSERCOR LTDA.2009

media y concentraciones mayores a 1000 bacterias/gramo son suelos muy agresivos.

El resultado neto es que la corrosión se presenta y se denomina corrosión anaerobia. Los síntomas característicos en las estructuras metálicas enterradas son el color negro característico del suelo por la formación del sulfuro de hierro y a veces el olor a ácido sulfhídrico. Según la NACE, una sobreprotección de -100 mV, es decir llevar la polarización de la tubería a valores de -950 mV con relación a la celda de referencia de cobre sulfato de cobre, podrá evitar la corrosión bacteriana en las estructuras enterradas¹⁴

➤ **AGRESIVIDAD DEL SUELO EN FUNCIÓN DEL pH¹⁵**

En lo que se refiere a la acidez, los suelos muy ácidos (pH <5.5) pueden motivar una rápida corrosión del metal desnudo, y la agresividad del suelo aumenta con el incremento de la acidez (disminución del pH). Suelos con pH entre 5.5 a 6.5 presentaran corrosión moderada al acero y suelos con pH entre 6.5 y 7.5 son neutrales a la corrosión. La mayor parte de los suelos tienen pH comprendidos entre 6.5 y 8.0, en cuyo caso la corrosión depende de otros factores.

Los terrenos con pH <6.5 causan dificultad de saturación de cationes y son más difíciles para conseguir la polarización requerida (la acidez actúa como agente despolarizante) y el cumplimiento de los criterios de protección catódica no se da.

¹⁴ W.A. Peabody, Microbiologically Influenced Corrosion, Pag. 282

¹⁵ Procedimiento de diseño de sistemas de protección catódica. INSERCOR LTDA.2009

Según la NACE, se debe incrementar el potencial de protección en -50mV para conseguir la protección adecuada.

➤ **CORROSIÓN POR CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES**

Los cloruros tienden a romper la capa protectora que se produce en el acero y pueden resultar en corrosión moderada o picadura según sea el área afectada. La presencia de cloruros solubles causa un cierto grado de agresividad del terreno. Valores menos a 500 ppm son despreciables, valores entre 500 y 1500 ppm, causan corrosión del acero y valores > a 1500 ppm causan severa corrosión.

Estas cantidades de cloruros altas deben ser contrarrestadas en un sistema de PC, aumentando -50mV en el criterio de protección catódica para trabajar en rangos seguros.

Por otro lado la presencia de sulfatos solubles puede causar también disminución del pH. Valores hasta 150 ppm son despreciables, pero mayores a 150 ppm pueden producir un grado de corrosividad en el acero. Si los valores son mayores a 1500 ppm, los sulfatos producen considerable agresividad del terreno. El mismo criterio de los - 50 mV es aplicado.

Existe una relación directa entre la presencia de sulfatos en el terreno y la posible generación de bacterias. Es importante tener en cuenta esta correlación. Si hay altos contenidos de sulfatos solubles, el criterio de sobreprotección por presencia de

bacterias debe ser tenido en cuenta, así que incrementar -100mV al criterio es la solución para evitar este tipo de ataque corrosivo en el acero.

1.1.2.5 Objetivos de la protección catódica. Para que un diseño de protección catódica cumpla con la protección de una estructura debe cumplir los siguientes objetivos.

- ❖ Suministrar la corriente adecuada a la estructura a proteger.
- ❖ Distribuir correctamente la corriente para que los criterios de protección catódica sean eficientes.
- ❖ Minimizar las corrientes de interferencia sobre estructuras enterradas cercanas.
- ❖ Tener un sistema de ánodos con una vida útil acorde con la vida útil de la estructura a proteger.
- ❖ Asegurarse que los ánodos no sean dañados.
- ❖ Garantizar que el sistema de PC funcione en forma continua.

1.2. MARCO ADMINISTRATIVO

1.2.1 Benchmarking. Después de la crisis del petróleo en 1974¹⁶, los Estados Unidos habían perdido mucho de su liderazgo industrial, habían perdido el mercado de la electrónica ante empresas como Sony, Hitachi y Panasonic. La crisis del petróleo agudizó la industria del automóvil, cuando los consumidores

¹⁶ TOTAL QUALITY. David L Goetsch. Ed. Merrill.

norteamericanos cambiaron sus grandes autos domésticos por los eficientes autos japoneses. Los norteamericanos continuaron comprando autos japoneses porque para entonces eran mejores que sus contrapartes norteamericanas.

El mundo estaba cambiando, industrias completas estaban cambiando de una parte del mundo a otra, y la mayor parte de ese movimiento provenía de Japón. Había razones para voltear hacia Japón para ver lo que estaban haciendo de forma diferente.

Lo que se aprendió fue que después de seguir las enseñanzas de Deming, Juran, Ishikawa, Taguchi, Ohno, y otros pioneros de la calidad, Japón había desarrollado prácticas y procesos superiores. Éstos condujeron a bienes manufacturados superiores a precios competitivos, todo desde motocicletas a autos, a cámaras, a electrónica de toda clase, hasta construcción de buques.

Tomó varios años ver hacia Japón para darse cuenta de lo que había ocurrido. La superioridad de las prácticas y procesos japoneses.

Hace veinte años el benchmarking se fundamentó en comparar la industria norteamericana con la japonesa.

El benchmarking es una herramienta utilizada en los años 80's y 90's para el mejoramiento de las empresas a partir de puntos críticos, este involucra dos organizaciones las cuales se fundamentan en sus servicios o productos para establecer recursos de mejoras.¹⁷

Los estudios de benchmarking se fundamentan en puntos críticos de éxito; por lo cual se hace relación a un campo específico de determinada empresa haciendo un estudio del mismo.

¹⁷ TOTAL QUALITY. David L Goetsch. Ed. Merrill.

Este proceso conlleva a que la empresa tenga mejoras continuas, generando puntos claves para el éxito total y fortaleciendo la implementación de calidad en la empresa para así mejorar los servicios a corto y largo plazo.

Desafortunadamente, muchos estudios de benchmarking no logran ir más allá de las recomendaciones y al llegar a la etapa de implementación se atascan. Si la organización no gestiona correctamente el cambio desde el principio del estudio de benchmarking, las recomendaciones se quedarán en el armario.

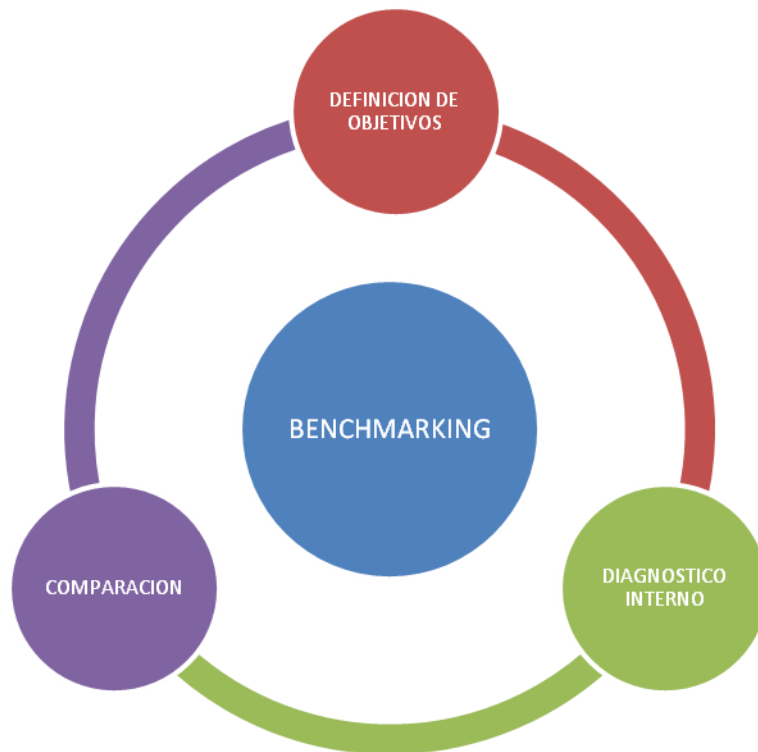
Hoy en día el Benchmarking es una práctica que se extendió más allá de su origen empresarial, y se aplica a cualquier organización, institución o establecimiento que produzca resultados similares o no; buscando en su investigación la mejores prácticas comerciales para implementar en las áreas a mejorar.

1.2.1.1 Benchmarking interno. Se basa en el análisis del proceso y resultado dentro de la empresa u organización por lo cual se compara internamente sus prácticas, identificar los mejores servicios internamente es, no obstante, un punto de partida excelente.

1.2.1.2 Benchmarking externo. Existen dos tipos de benchmarking el competitivo y el funcional, el primero se refiere al análisis con la competencia y el funcional se refiere a una sola práctica en particular, la cual es el punto crítico de éxito de alguna empresa externa.

1.2.1.3 Proceso de benchmarking: El proceso se divide en varias etapas las cuales se integran mutuamente.

Figura 6. Etapas del proceso del Benchmarking.



La definición de los objetivos se centra en lograr con claridad los resultados a esperar al implementar el estudio, es importante definir los objetivos partiendo como punto clave los servicios prestados.

El diagnóstico interno consiste en la identificación de procesos claves de la empresa u organización. Cabe identificar aquellas áreas o procesos que se desea mejorar.

El Benchmarking parte de una investigación para detectar las empresas u organizaciones que son conocidas en el área examinada y establecer así las mejores de su clase o representantes de las mejores prácticas.

1.3. MARCO TECNOLÓGICO.

1.3.1 Plataforma tecnológica y científica. Las plataformas tecnológicas y científicas han sido implementadas en los últimos años para aumentar los niveles de competitividad de algunos países en el sector productivo e investigativo.

La implementación de dichas plataformas integra la parte tecnológica por medio de un software interactivo y el conocimiento para mejorar la competitividad en los diferentes campos del sector industrial.

En Europa se han desarrollado plataformas tecnológicas y científicas para agrupar campos de ejecución fortaleciéndolas en un punto específico incrementando la investigación y aumentando la competitividad.

Las plataformas proporcionan un marco para que los interesados por la industria, definan prioridades de investigación y desarrollo, hojas de ruta y planes de acción, en temas estratégicos importantes, donde el crecimiento, la competitividad y la sustentabilidad dependen de los avances en investigación y tecnología, tanto a mediano como a largo plazo¹⁸.

Las plataformas tecnológicas y científicas se afianzan con la interacción de los diferentes sectores del país tanto educativo, comercial y tecnológico.

¹⁸ EUROPEAN TECHNOLOGY PLATFORM'S. Programa Union Europea.2006

Las Plataformas Tecnológicas están tomando medidas concretas: crear sitios web, proporcionando información regularmente y estableciendo normas claras para la participación y la aceptación de nuevos campos.

Para la implementación de la plataforma que soporta los diferentes campos se seleccionan diversos programas de código abierto que permiten a los grupos que interacciona en el campo científico y tecnológico interactúe de manera fácil y confiable.

Las empresas requieren hoy en día un mayor y mejor acceso a la información, para mejorar la productividad y competitividad.

Con los beneficios que nos brindan estas nuevas posibilidades de conectividad, emergen también una serie de nuevos riesgos y la necesidad de crear una plataforma informática segura. "Para reducir los problemas de seguridad es necesario que las empresas terminen de mentalizarse sobre la importancia de proteger sus sistemas frente a intrusos y visitantes no deseados que pueden atentar contra sus activos"¹⁹

Las plataformas tecnológica o informática se basan en programas como PHP (Hypertext Pre Processor) y SQL (Structure Query Language) y igualmente utiliza la base de datos relacionales MySQL.

Para facilitar la utilización de los diferentes programas integrándose han desarrollado sistemas que son gestores de contenido dinámicos (CMS) dicho programa como el Joomla permite desarrollar páginas interactivas de alta calidad y eficiencia.

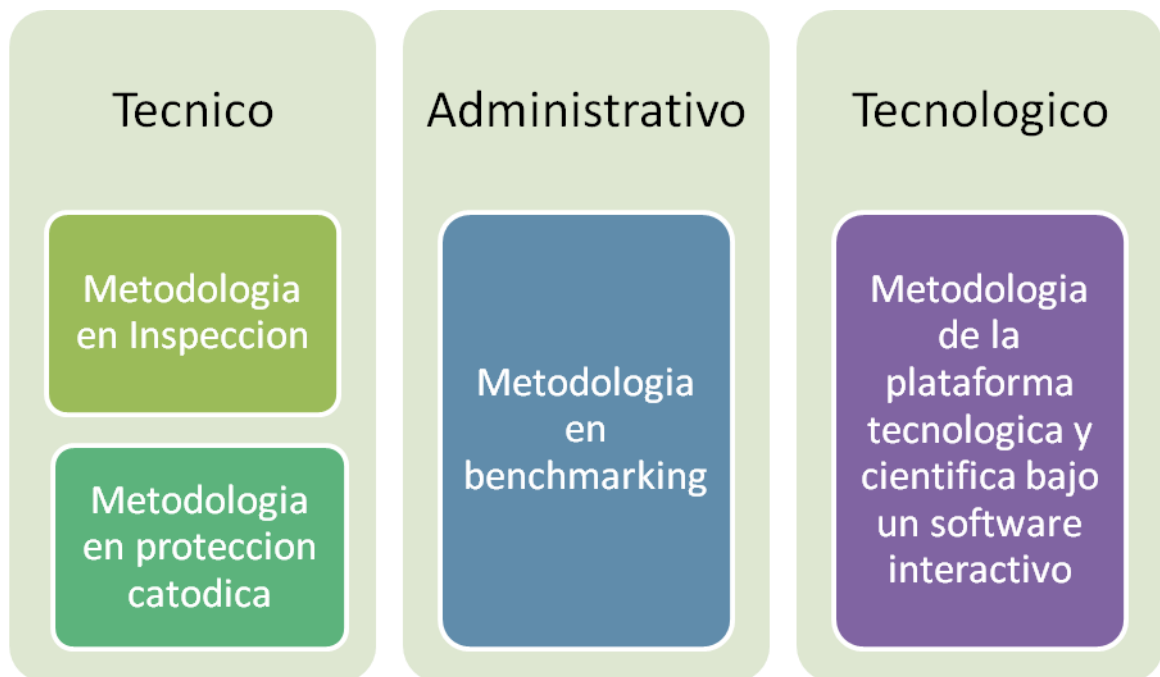
¹⁹ FERNANDO MARIN. Director de programas de seguridad de Microsoft Iberoamérica.

El funcionamiento de Joomla se lleva a cabo gracias a sus dos principales elementos:

- ❖ La base de datos MySQL es donde se guarda toda la información y la mayor parte de la configuración del sistema, de una forma ordenada y en distintas tablas, las cuales, cada una de ellas almacena información específica y determinada.
- ❖ Los scripts PHP son los que ejecutan las acciones de consulta y realizan modificaciones en la base de datos convirtiéndolos en simples páginas web fácil interpretación para los navegadores de Internet y perfectamente perceptibles para los administradores.

2. METODOLOGIA

La metodología implementada se dividió en 3 partes una primera parte que integro la parte técnica en donde se realizo estudios referentes a la inspección y a sistemas de protección catódica en tanques, una segunda parte que trata de un estudio administrativo basado en un benchmarking y una última parte que integra la realización de una plataforma tecnológica y científica mediante un software de contenido de datos como se puede observar a continuación.



2.1. METODOLOGIA EN INSPECCION

2.1.1 Actividad 1. Recopilación de la información. Se obtuvieron los informes basados en los registros técnicos proporcionados por el personal encargado del

proyecto “SERVICIO DE INSPECCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESIÓN DE PROPILENO GRADO REFINERÍA “

Dichos informes se registraron bajo las normas de calidad de la empresa Insercor Ltda.

Formatos de inspección utilizados:

- ❖ Reporte de Medición de Durezas. (Anexo A)
- ❖ Líquidos Penetrantes. (Anexo B)
- ❖ Reporte de Inspección por Partículas Magnéticas (Anexo C)
- ❖ Registro de Medición de Espesores por Ultrasonido (Anexo D)

2.1.2 Actividad 2. Análisis de espesores de laminación Bala 1 Basado en los datos registrados en los diferentes espesores de laminación se procedió al análisis de espesor tanto en CAP´S como en BOQUILLAS.

2.1.3 Actividad 3. Análisis de espesores de la Bala 1. Basado en los datos registrados en los diferentes espesores por ultrasonido se procedió al análisis de espesores en las boquillas de las balas; basado en la norma API 574 (Ver anexo E).

2.1.4 Actividad 4. Elaboración de planos. Basado en la información proporcionada por el equipo técnico del proyecto se procedió hacer los planos respectivos de las balas indicando en ellos las laminaciones, boquillas y manhole.

2.2. METODOLOGÍA DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA.

Se realizó el diseño del sistema de protección catódica para proteger y controlar de la corrosión de los tanques de almacenamiento. Para la protección de estos tanques, se contemplan dos (2) sistemas, por medio de cama distribuida y malla grid.

2.2.1 Actividad 1. Medición de potenciales naturales. Para esta actividad se empleó un Multímetro fluke junto con una celda de referencia de Cu/CuSO_4 , para ello se efectuaron mediciones en la pestaña del tanque cada 45° , para un total de 8 mediciones.

2.2.2 Actividad 2. Medición de resistividades. Para la realización de esta actividad se empleó un equipo de medición de resistividades de suelo Nilsson 400, para ello se efectuaron mediciones a 1.0 y 2.0 metros de separación entre pines.

2.2.3 Actividad 3. Toma de muestras de suelo zona II y zona IV. Para la realización de esta actividad se empleó una pala draga, con la cual se realizó un apique en la zona de los tanques, se extrajo una cantidad necesaria para la ejecución de la prueba química del suelo, luego fue empacada en bolsa hermética y enviada a un laboratorio particular para su análisis.

2.2.4 Actividad 4. Prueba de inyección de corriente. Para la ejecución de esta actividad se instaló una cama temporal con ánodos de MMO, los cuales fueron

distribuidos e instalados en toda la zona 2 , también se instaló un rectificador portátil (60V-30A), para poder inyectarle corriente a cada tanque y simular la cantidad de corriente que necesitaría para ser protegido.

2.3. ACTIVIDAD EN BENCHMARKING.

2.3.1. Actividad 1. creación de estructura de negocios. Para la creación de la estructura de negocios se analizo los diferentes campos de implementación de la empresa enfocándose en los principales campos de ejecución y posteriormente se adjudicaron sub-campos de aplicación para fortalecer la estructura inicial de negocios.

2.3.2. Actividad 2. Encuesta interna diagnostico empresarial. Se desarrollo una encuesta relacionada con los diferentes campos de implementación posibles mejoras y nuevos campos de implementación basados en el criterio de los empleados de la empresa Insercor Ltda.

2.3.3. Actividad 3. Objetivo del benchmarking. Para la posible implementación del estudio se definió un objetivo principal.

2.3.4. Actividad 4. Puntos críticos de mejoras. Se definieron los posibles puntos críticos de mejoras y los posibles nuevos campos de implementación para el fortalecimiento de la empresa Insercor Ltda.

2.4. Actividad de plataforma tecnológica y científica bajo un marco de software interactivo de administración de contenidos

2.4.1. Actividad 1. Instalación del paquete de administrador de contenidos. Se procedió a la instalación del software Joomla en un sistema Windows vista home Premium.

2.4.2. Actividad 2. Desarrollo de contenidos y de usuarios bajo documentación de la empresa Insercor Ltda. Se procedió a integrar los campos de acción definidos en el estudio de benchmarking y los diferentes usuarios para integra así la documentación requerida para protegerlos y restringirlos a los diferentes usuarios que integraran la plataforma.

3. RESULTADOS

3.1. ESTUDIO DE INSPECCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESIÓN DE PROPILENO GRADO REFINERÍA.

Basado en los datos registrados en los diferentes espesores de laminación se realizo el análisis de espesor tanto en CAP´S como en BOQUILLAS; considerando espesores menores de 0,800" como espesores de laminación. (Ver anexo F).

El análisis realizado se hizo con los espesores generados por el equipo de ultrasonido DAKOTA MVX SCAN A/B, dichos datos fueron tomados por personal calificado en ultrasonido (ver tabla 2).

Equipo: Bala 1 el cual es un tanque de almacenamiento a presión de propileno grado refinería.

Tabla 2. Datos de espesor de boquillas de la bala 1.

BOQUILLA	PUNTO				ESTADISTICA	
	1	2	3	4		
1(Φ4")	0,370	0,353	0,322	0,301	Valor mín:	0,301
2(Φ4")	0,312	0,355	0,347	0,376	Valor mín:	0,312
3(Φ4")	0,302	0,313	0,322	0,320	Valor mín:	0,302
4(Φ3")	0,321	0,376	0,358	0,338	Valor mín:	0,321

De los datos generados por el equipo de ultrasonido se saco el valor mínimo de los datos obtenidos; para su estudio de acuerdo a los espesores nominales definidos en la tabla 1 de la norma API 574 (ver anexo E).

Tabla 3. Espesores boquilla N° 1 de la bala 1

BOQUILLA	PUNTO				ESTADISTICA	
	1	2	3	4	Valor mín:	
1(Φ4")	0,370	0,353	0,322	0,301		0,301

Para la primera boquilla el valor mínimo registrado es de 0,301" el cual se toma referencia para ubicar el espesor correspondiente (ver tabla 3).

Tabla 4. Espesores para boquillas.²⁰

PIPE SIZE	SCH	NOMINAL THICKNESS, INCHES
4"	40	0,237
	80	0,337
	120	0,438
	160	0,531
	-	0,674

El espesor registrado 0,301" tiene un Schedule 80 debido su espesor nominal es de 0,337"(ver tabla 4).

²⁰ INSPECTION PRACTICES FOR PIPING SYSTEM COMPONENTS API 574.Table 1.

Se procedió hacer los planos respectivos de las balsas indicando en ellos las laminaciones, boquillas y manhole. (Ver Anexo G)

3.2. ESTUDIO DE REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA DE LOS TANQUES T-01 Y T-02 QUE COMPRENDE LA ZONA I DEL CAMPO.

Los estudios de rediseño de protección catódica por corriente impresa se fundamentaron en las distintas normas requeridas por la NACE, el rediseño involucra un estudio técnico, un registro físico tanto de datos como arquitectónico que involucra el desarrollo de los planos requeridos para la PC.

3.2.1. REDISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA EXTERIOR DEL TANQUE T-01 .

Se realizó el rediseño del sistema de protección catódica por corriente impresa para proteger el exterior del fondo del Tanque T-01, mediante la construcción de una cama anódica distribuida simétricamente en el exterior, con ánodos de Mixed Metal Oxide – MMO.

El rediseño se fundamentó en el análisis de la información técnica referente al diseño y construcción del tanque actual, los datos de campo tomados tanto en noviembre de 2008 como en mayo de 2007, para obtener las Resistividades del terreno alrededor de la Zona I en donde está actualmente el tanque, análisis

químico del terreno de la Zona I con resultados de pH, cantidad de cloruros y sulfatos solubles y presencia de bacterias sulfato reductoras.

3.2.1.1 Definiciones para el diseño de protección catódica por corriente impresa para el tanque T-01.

- ❖ **CAMA ANÓDICA DISTRIBUIDA:** Cama de ánodos dispuesta en forma horizontal o vertical en paralelo, instalada a una distancia entre 3,0 metros de la pestaña del tanque, instalados en forma simétrica alrededor del tanque y a una profundidad de 3,0 metros de la superficie del terreno.

- ❖ **MMO:** Ánodo con núcleo de titanio recubierto con mezcla de óxidos denominado Mixed Metal Oxide

- ❖ **CIRCUITO POSITIVO:** Está compuesto por un cable con protección de polietileno de alto peso molecular (HMWPE), que se instala alrededor del tanque, que recoge el cable de cada ánodo de MMO, que se comunica con la caja de conexiones y luego con el rectificador de protección catódica.

- ❖ **CIRCUITO NEGATIVO:** Está compuesto por un cable con protección de polietileno de alto peso molecular (HMWPE), que se instala para las láminas del fondo del tanque, que se comunica con una caja de conexiones y luego hasta el Rectificador de protección catódica.

- ❖ **PROTECCIÓN DEL ÁREA SOLDADA:** Es un método que permite recubrir con un revestimiento de alto desempeño, el área desprotegida en donde se suelda el cable del circuito anódico a la pestaña del tanque.

- ❖ **RELLENO O BACKFILL:** Es el relleno que contiene el ánodo de MMO y la cama anódica, el cual consiste en carbón calcinado de petróleo, con baja resistividad y alta pureza y que permite mejorar la eficiencia del ánodo de MMO y distribuir simétricamente la corriente de protección catódica.

- ❖ **PUESTA EN MARCHA:** Son los ensayos que se hacen en el sistema de protección catódica para verificar el buen funcionamiento del diseño.

3.2.1.2 Resistividad del terreno de la zona I. Los datos de campo fueron levantados en mayo de 2007 y noviembre de 2008 por un ingeniero de protección catódica y un técnico de protección catódica, bajo la supervisión de un ingeniero calificado y certificado Nivel III en Protección Catódica de la NACE.

La tabla 5 contiene los valores de las resistividades del terreno cercano al tanque T-01, a profundidades de 1, 5, 10, 15 y 20 metros.

Tabla 5- Resistividades Zona I

Espaciamento (cm)	R1 (Ω)	Resistividad (Ω-cm) = $2 \cdot \pi \cdot \text{Espaciamento} \cdot R1$
100	5,1	3204,42
500	1,30	4084,07
1000	0,70	4398,23
1500	0,45	4241,15
2000	0,30	3769,91

Analizados los valores, se encuentra que hasta 15 metros de profundidad, la resistividad es similar y a 20 metros disminuye ligeramente. Este terreno es calificado como SUELO CORROSIVO, esto quiere decir que el terreno puede afectar por corrosión al fondo del tanque y por lo tanto es justificado el diseño de un sistema de protección catódica para su protección.

Para definir el valor de resistividad que se utilizará para el Diseño, se hizo un cálculo utilizando la metodología Barnes. En la Tabla 6 se pueden observar los resultados de los promedios según Barnes.

Debido a que las diferencias no son muy altas, se puede escoger la resistividad promedio encontrada hasta 5 metros de profundidad para instalar los ánodos de la cama anódica del tanque a 3 metros de profundidad, dado que no se obtendrán mayores beneficios en la resistencia del circuito; este valor es de 5482 Ω -cm.

Tabla 6. Datos de Resistividades y Cálculos Barnes para T-01

Espaciamiento (cm)	R1 (Ω)	Factor 1	Resistividad (Ω -cm)	Mhos ² (1/R1)	Mhos ³ (Δ 1/R1)	R2(1/ Δ 1/R1)	Factor 2	BARNES (Ω -cm)	Profundidad
100	5,1	628	3204,42	0,20	-	-	-	3204	0-1mt
500	1,30	3142	4084,07	0,77	0,57	1,74	3142	5482	1-5mt
1000	0,70	6283	4398,23	1,43	0,66	1,52	3142	4765	5-10mt
1500	0,45	9425	4241,15	2,22	0,79	1,26	3142	3959	10-15mt
2000	0,30	12566	3769,91	3,33	1,11	0,90	3142	2828	15-20mt

El cálculo de Barnes para el T-01 se desarrollo en una hoja de cálculo sistematizada la cual se creó y se implemento en dicho estudio de PC (Ver anexo H) La cual constituyo una mejora en los procedimientos de protección catódica ya que la empresa no contaba con la sistematización de dicha técnica:

- ❖ Espaciamiento = Es la distancia a entre los pines los cuales fueron entre 100 y 500 cm.
- ❖ $R1(\Omega)$ = Resistencia del terreno.
- ❖ Factor 1 = $2 \cdot \pi(\pi) \cdot \text{Espaciamiento}$
- ❖ Resistividad = $2 \cdot \pi(\pi) \cdot \text{Espaciamiento} \cdot R1$
- ❖ $Mhos^2 = 1/R1$
- ❖ $Mhos^3 = Mhos^{2(\text{espaciamiento } 500\text{cm})} - Mhos^{2(\text{espaciamiento } 100\text{cm})} = \Delta (1/R1)$
- ❖ $R2 = 1 / \Delta (1/R1)$
- ❖ Factor 2 = Segundo dato del factor 1
- ❖ Barnes = factor $2 \cdot R$

3.2.1.3. Físicoquímica del suelo. Los resultados de las pruebas efectuadas para esta Zona I, están documentados (Ver anexo I). Un resumen de estos se describe en la Tabla 7. estos datos fueron el resultado de una muestra tomada en la zona y analizado posteriormente por un laboratorio químico calificado.

Tabla 7. Análisis físicoquímico de suelo zona I

UBICACIÓN	PUNTO	CLORUROS SOLUBLES (ppm)	GRADO DE CORROSIVIDAD
ZONA I	1	54,1	NO AGRESIVO
	2	55,1	NO AGRESIVO
UBICACIÓN	PUNTO	SULFATOS SOLUBLES (ppm)	GRADO DE CORROSIVIDAD
ZONA I	1	165	AGRESIVIDAD MEDIA
	2	150	NO AGRESIVO
UBICACIÓN	PUNTO	No BACTERIAS/GRAMO	GRADO DE CORROSIVIDAD
ZONA I	1	89	DESPRECIABLE
	2	78	DESPRECIABLE
UBICACIÓN	PUNTO	pH	GRADO DE CORROSIVIDAD
ZONA I	1	6,20	MODERADO
	2	6,0	MODERADO

Del análisis químico generado por el laboratorio calificado se considero:

Que el terreno de la zona I no muestra altos contenidos de bacterias, por lo tanto este factor no afectara la protección catódica.

El pH se encuentra en valores cercanos entre 6,0 y 6,2 , la naturaleza del suelo es ácida y afecta la protección catódica. Por lo tanto se requiere ajustar el criterio de PC en -50 mV.

El terreno presenta valores menores a 500 mg/Kg de cloruros y sulfatos solubles, por lo tanto no afectara al sistema de protección catódica.

3.2.1.4 Criterios de diseño.

- ❖ Densidad de corriente: Este criterio se escoge de acuerdo al tipo de terreno; teniendo en cuenta los parámetros NACE, referencias bibliográficas (W.A Peabody; J. Winkelmann) y basados en la experiencia obtenida, la densidad de corriente para terrenos del orden de 5.000 Ω -cm en condiciones estáticas del electrolito, es del orden de 1 microamperio por centímetro cuadrado, es decir igual a 20 mA/m². Pero hay que hacer un ajuste por la alta temperatura de operación del orden de 172°F (78°C).
- ❖ Área desnuda: Se aplica el 100% de área por tratarse del fondo de un tanque que no ha sido protegido con revestimiento exterior, debido a la soldadura aplicada por su construcción.
- ❖ Temperatura de Operación: El Tanque de Prueba Actual T-01, va a operar a una temperatura máxima de 172°F (78°C). Por esta condición se considera que 20 mA/m² no es una densidad de corriente ajustada a esta temperatura

de trabajo. Un incremento del 25% en la corriente por cada 10°C por encima de los 40°C debe ser ajustado; es decir, debemos ajustar un 120% por encima de los 20 mA/ m². En resumen se aplicara un criterio de 44 mA/m².

- ❖ Factores de Seguridad: Luego de calcularse la cantidad de corriente requerida para proteger el sistema, se adiciona entre un 20 a 50% teniendo en cuenta el envejecimiento de la lámina del fondo del tanque y los dos (2) puntos de aterrizamiento que posee actualmente. Se escoge el valor del 20% debido a la poca cantidad de cobre.
- ❖ Tipo de cama anódica: Definido para este procedimiento como Cama Anódica Distribuida con Ánodos de MMO, disposición de ánodos verticales e instalados en paralelo.
- ❖ Resistividad de la cama: Se toma como valor de resistividad de la cama anódica, el que resulta del promedio de resistividad Barnes entre 1 y 5 metros. Este valor es de 5482 Ω-cm.
- ❖ El ánodo a escoger para la cama anódica distribuida es MMO con drenaje de corriente de 2 amperios en el suelo.
- ❖ Factor de utilización de los ánodos: Los ánodos vienen con garantía del fabricante por el tiempo para el cual se realiza el diseño que se presenta. Sin embargo, se tiene en cuenta un factor de utilización igual al 95% para garantizar el funcionamiento de la cama anódica.

- ❖ Cables: De acuerdo con los resultados de la química del suelo y su media agresividad, se especificara el tipo de cable. Se usara cable de polietileno de alto peso molecular HMWPE para enterramiento directo calibre AWG No. 4 para los cables positivos y negativos del sistema y para las estaciones de prueba se selecciona cable AWG No. 12 HMWPE.

- ❖ El relleno o backfill del ánodo es coke calcinado de petróleo, el cual permite mejorar la distribución de corriente y alargar la vida útil de la cama anódica.

- ❖ Potencial de Polarización: De acuerdo con las normas NACE referenciadas y la corrección por acidez y bacterias, se utilizará un potencial de polarización de -900 mV.

- ❖ La vida útil del sistema es calculada para 20 años. Todos los elementos de protección catódica tendrán una vida útil de 20 años también, incluyendo los cables y conexiones.

- ❖ Profundidad de cada pozo para cada ánodo: Se calcula acorde con la resistividad de la cama anódica.

- ❖ Estación de Prueba: La estación de prueba para medir los potenciales que reportarían las celdas de referencia instaladas debajo del tanque, será construida en tubería de 1-1/2" de diámetro y caja de conexión superior y tendrá una altura de 1,50 metros a partir del nivel del suelo. Tendrán una compuerta con caja interna, baquelita y con cinco (5) sitios de conexionado, dos para cables anódicos, dos para las celdas de referencia y un punto libre.

- ❖ Celdas de Referencia: las celdas de referencia serán de cobre – sulfato de cobre y serán instaladas debajo del tanque a distancias R y R/2.
- ❖ Puesta en Marcha: Los potenciales naturales se tomaron justo durante el levantamiento de datos de campo. Una vez sea iniciado el sistema e inyectada la corriente al encender el Rectificador, se instala un interruptor con GPS para el rectificador y se toman valores “ON” y “OFF”, esto con el objeto de verificar el diseño y su funcionamiento.

3.2.1.5 Calculo de diseño.

- Área total (AT). El área total involucrada con el Sistema de PC será: el área del fondo del tanque. La siguiente fórmula debe ser utilizada:

<i>Estructura</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Fórmula</i>
Tanque	D	$\pi \cdot D^2 / 4$

$$\pi = 3.1416$$

$$D = 9.167 \text{ metros}$$

$$At = 9.167 \text{ m} \cdot 9.167 \text{ m} \cdot 3.1416 / 4$$

$$At = 66 \text{ m}^2$$

3.2.5.2 Área desnuda a proteger

$$Ap = Ae \cdot \%Ad$$

En donde: $A_{\text{PROTEGER}} = \text{Área a Proteger}$

$A_e = \text{Área de la Estructura}$

$A_d = \text{Criterio de Área Desnuda según Tipo de Recubrimiento}$

$A_d = 100\%$ para estructura desnuda como el fondo del tanque.

$$A_p = 1 * 66 \text{ m}^2$$

$$A_p = 66 \text{ m}^2$$

➤ Cálculos de corriente requerida. Se determina una densidad de corriente²¹ requerida para proteger de 44 mA/m^2 para el acero. Los cálculos de corriente requerida serán:

$$I_{\text{REQUERIDA}} = A_{\text{PROTEGER}} \times \text{Densidad de corriente}$$

$$I_{\text{REQUERIDA}} = 66 \text{ m}^2 * 44 \text{ mA/m}^2$$

$$I_{\text{REQUERIDA}} = 2904 \text{ mA}$$

$$I_{\text{REQUERIDA}} = 2,90 \text{ Amperios}$$

➤ Cálculos de corriente total. Debido a que el diseño está encaminado a la PC en sitios en donde posiblemente exista cobre enterrado de los sistemas de aterrizamiento, se recomienda un factor de seguridad del 20% para este tanque, teniendo en cuenta que solo tienen dos polos a tierra.

²¹ El valor de la densidad de corriente se toma del libro:
Morgan, Jhon 1987 "Cathodic Protección". National Association of Corrosion Engineers, pp 51-53
Wmkelmann A. Jorge 1986 "Control de la Corrosion" National Association of corrosion Engineers PP 82

$$I_{\text{TOTAL (SEGURIDAD)}} = I_{\text{REQUERIDA}} \times \text{Porcentaje de Seguridad}$$

$$I_{\text{TOTAL Seguridad}} = 1,2 * 2,90 \text{ A/m}^2$$

$$I_{\text{TOTAL Seguridad}} = 3,48 \text{ Amperios}$$

- Cálculos cantidad de ánodos. La cantidad de ánodos requerida para el sistema de protección catódica por:

$$N_{\text{ANODOS}} = I_{\text{TOTAL}} / (I_{\text{RATING ANODO}} \times \text{Factor Utilización})$$

En donde:

$I_{\text{RATING ANODO}}$ = corriente que drena el ánodo sobre suelos estándares

Factor de Utilización = Tomado de la ficha técnica del ánodo.

Los ánodos seleccionados son Lida One de Mixed Metal Oxide (MMO), con una rata de corriente de 2 Amperios, una eficiencia del 95% y 20 años de vida útil.

$$N_{\text{ANODOS}} = 3,48 \text{ Amp} / (2 \text{ Amp} \times 0.95)$$

$$N_{\text{ANODOS}} = 1,83 \text{ Ánodos} = 2 \text{ Ánodos}$$

Para distribuir uniformemente la corriente y con el objeto de conseguir la resistencia necesaria para poder utilizar un solo rectificador para el rediseño de la protección catódica de los dos tanques de la zona I, se utilizaran más ánodos. En este caso por prueba y error se calculan tres (3) ánodos.

- Cálculo de la resistencia del sistema

La Resistencia Total del sistema de protección catódica será:

$$R \text{ TOTAL} = R \text{ Cama Anódica al suelo (R)} + R \text{ Cables al suelo (Rc)}$$

➤ Cálculo de la resistencia de la cama (R). Basados en informaciones tales como la resistividad promedio del terreno en el sitio escogido para instalar la cama anódica, la profundidad escogida para enterrar los ánodos, las dimensiones del pozo de cada ánodo y el espaciamiento de los tres (3) ánodos, se podrá hallar la resistencia de la cama anódica, mediante la utilización de la ecuación modificada de Dwight para ánodos verticales semi profundos e instalados en paralelo:

$$R = \frac{0,00159 \rho}{NL} * \left(Ln \frac{8L}{d} - 1 + \frac{2L}{S} Ln * 0,656 N \right)$$

Donde:

R= Resistencia de los ánodos verticales en paralelo en ohms.

N=Numero de ánodos en paralelo.

ρ = Resistividad, en ohm-cm.

L= Longitud de los ánodos en metros.

S=Espacio entre los ánodos en metros.

d= Diámetro de ánodos en metros.

Para asegurar la distribución de corriente en el sistema de protección catódica, la resistencia calculada debe ser cercana a la resistencia calculada para el diseño del tanque T-02.

Los cálculos se efectuaron con los siguientes parámetros:

N= 3 Ánodos.

P= 5.482 Ω -cm.

L= 3 metros de profundidad.

S= Espaciamiento de 15,88 metros.

d= diámetro del pozo de 8".

Con estas condiciones, al desarrollar la formula la Resistencia de la cama anódica es igual a 3,90 Ω .

➤ Cálculo de la resistencia de los cables. La resistencia que ofrecen los cables al Sistema de Protección Catódica se halla multiplicando la longitud total de los cables por la resistencia por unidad de medida estipulada por el fabricante.

$$R_c = R \times \text{Longitud de cable}$$

Los cables involucrados son: cables positivos y negativos y cables de los ánodos.

1. La longitud del cable escogido para positivos y negativos son 230 metros y es calibre AWG No. 4, el cual es un tamaño estándar para resistencia al paso de corriente normal.

$$R_{Cpn} = 0,00083 \Omega/m \times 230 \text{ m}$$

$$R_{Cpn} = 0,19 \Omega$$

2. El cable escogido para los ánodos en AWG No. 12 con Resistencia 0,0052 Ω /m. Cada ánodo tendrá 3 metros efectivos de cable, luego los 3 ánodos tienen 9 metros:

$$R_{Ca} = 0,0052 \Omega/m \times 9 \text{ m}$$

$$R_{Ca} = 0,0468 \Omega$$

$$R_C = R_{cpn} + R_{Ca}$$

$$R_C = 0,19 \Omega + 0,0468 \Omega$$

$$R_C = 0,2368 \Omega$$

➤ Cálculo de la resistencia total (*R circuito*). La resistencia total del sistema será la suma de la resistencia ofrecida por cama anódica, la ofrecida por los cables y la ofrecida por el terreno sobre la tubería:

$$R_{CIRCUITO} = R_{cama} + R_C$$

$$R_{CIRCUITO} = 3,90 \Omega + 0,2368 \Omega$$

$$R_{CIRCUITO} = 4,14 \Omega$$

➤ Selección de la potencia del rectificador. Para realizar el cálculo del valor nominal de la potencia del rectificador a emplear, usamos la ecuación de la ley de Ohm:

$$V_{RECTIFICADOR} = I_{TOTAL} * R_{CIRCUITO}$$

Donde:

V = Voltaje (V)

I TOTAL= Corriente requerida (A)

R CIRCUITO= Resistencia total del sistema (Ω)

$$V_{\text{RECTIFICADOR}} = I_{\text{TOTAL}} \times R_{\text{SISTEMA}}$$

$$V_{\text{RECTIFICADOR}} = 3,48 \text{ Amp}^* \times 4,14 \Omega$$

$$V_{\text{RECTIFICADOR}} = 14,40 \text{ Voltios}$$

La potencia del Rectificador será multiplicada por el factor del 15%:

$$\text{Rectificador} = V_{\text{RECTIFICADOR}} * 1,15$$

$$V_{\text{RECTIFICADOR}} = 14,40 * 1,15 = 16,56 \text{ Voltios}$$

$$I_{\text{TOTAL}} = 3,48 * 1,15 = 4,0 \text{ Amperios}$$

A partir de estos datos de la potencia requerida se hace un estudio comparativo con los datos arrojados del estudio del rediseño del tanque T-02 el cual están especificados en el diseño de PC, con el fin de colocar un solo rectificador para ambos tanques, por lo cual es necesario realizar cálculos para añadir una resistencia adecuada al sistema de menor requerimiento de voltaje, para poder mantener el sistema correctamente de acuerdo con los cálculos realizados.

TANQUE	V RECTIFICADOR	I TOTAL
T-01	16,56	4,0
T-02	30,20	5,91

Se hace el cálculo para la resistencia requerida para el sistema de protección catódica del tanque T-01.

$$R = V / I$$

$$R_{(\text{resistencia a variar})} = V_{(\text{voltaje T-02} - \text{Voltaje T-01})} / I_{(\text{corriente T-01})}$$

$$R = 30,20\text{V} - 16,56\text{V} / 4,0 \text{ A}$$

$$R_{(\text{resistencia a variar})} = 13,64\text{V} / 4,0 \text{ A}$$

$$R = 3,41 \Omega$$

La resistencia a colocar en el tanque T-01, debe tener como mínimo 3,41 Ω de capacidad. Se sugiere de 0 a 10 Ω .

Rectificador: La selección se hace acorde al diseño del tanque T-02 con un voltaje de 30,78 V y la sumatoria de los amperajes de los dos tanques debido a un sistema de protección catódica de ánodos en paralelo es 9,91 A.

$$\text{Rectificador} = 30,78 \text{ Voltios} - 9,91 \text{ Amperios}$$

Se escoge en el mercado un rectificador comercial de potencia cercana o de mayor especificación para que cumpla con el propósito de ser compartido para los dos tanques.

$$\text{Rectificador} = 40 \text{ Voltios} - 10 \text{ Amperios}$$

➤ Cálculo volumen de orificio para cama profunda. Este coke está diseñado para bajar la resistencia entre el ánodo y la tierra. Esta garantizado que esta libre de polvo o impurezas, con un tamaño de partícula entre 0,1 a 1 mm. Con una composición garantizada de un 99% de carbono fijo y una densidad de 74 Lbs/Pie³ (1288 Kg/m³). Es usado por su baja resistencia al paso de la corriente y por dicha razón extiende la vida útil de los ánodos. Su alto contenido de carbono fijo lo hace buen conductor y poco desgastable, es decir, posee una velocidad de consumo muy baja. Tiene excelentes propiedades de bombeo; ideal para instalación de

sistemas de corriente impresa por camas semi-profundas. Se recomienda Coke Loresco DW-1 o similar.

El cálculo del volumen se hace con la siguiente ecuación:

$$V = \pi * \frac{D^2}{4} * H$$

$$V = 3.1416 * (0.20)^2/4 * 3 \text{ m}$$

$$V = 0.0942 \text{ m}^3$$

Este es el volumen para un ánodo.

➤ Cálculo cantidad total de coke (Kg)

$$m = \rho * V$$

$$m = 1288 \text{ kg/m}^3 * 0.0942 \text{ m}^3$$

$$m = 121,32 \text{ Kg}$$

Adicionar un factor del 15% de pérdidas por desperdicio.

$$m = 121,32 \text{ Kg} * 1,15$$

$$m = 139,52 \text{ Kg}$$

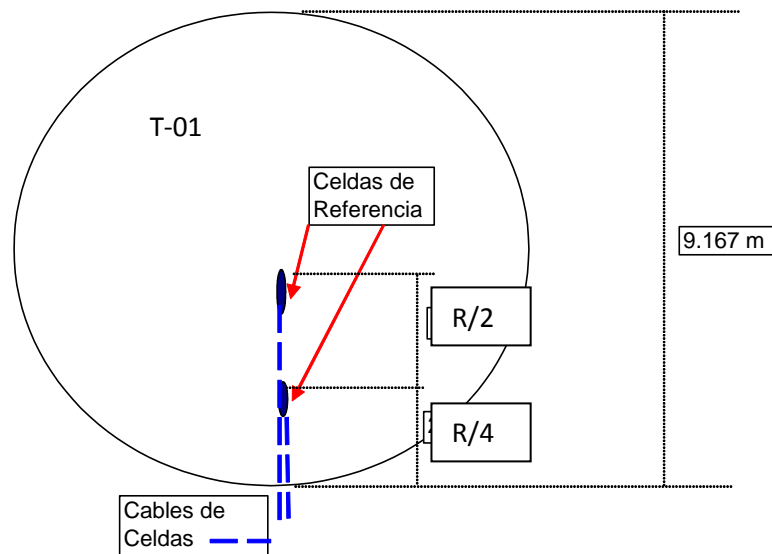
TOTAL DE MASA ANODICA PARA LOS TRES (3) ANODOS = $3 * 139,52 \text{ Kg}$

TOTAL DE MASA DE COQUE = $418,56 \text{ Kg}$.

PARA BOLSAS DE $22,7 \text{ KG}$ (50 Lbs.) = $418,56 / 22,7 = 19 \text{ BOLSAS}$

3.2.1.6 Monitoreo de potenciales. Para efectuar control y rutinas de monitoreo de los potenciales de PC para el tanque T-01, se instalarán dos (2) celdas de referencia permanentes de cobre sulfato de cobre (Cu-CuSO_4) en el fondo de cada tanque ubicados uno en la parte externa cerca a la pestaña y otro ubicado en el centro del tanque. La Figura 7 muestra un esquema de la ubicación de las celdas de referencia.

Figura 7. Ubicación de celdas de referencia Cu-CuSO_4 .



Las celdas de referencia serán instaladas por perforación dirigida, utilizando un topo tipo hammerhead de 2" de diámetro, impulsado por aire de 100 PSI de presión o una máquina de perforación horizontal dirigida.

3.2.1.7 Procedimientos básicos de instalación. Los diferentes procedimientos de instalación se basan en las normas de seguridad implementada por el sistema de HSEQ de la empresa que requiere los servicios de implementación de los diseños de PC por corriente impresa, esto involucra permiso de trabajos y algunas inspecciones por parte de la interventoría.

➤ Instalación cable principal para la cama anódica. El cable positivo de la cama anódica esta conectando todos los ánodos a través de splices kit tipo 91B1 y va conectado desde el borne positivo de la salida del rectificador hasta la caja de conexiones (Junction Box). Este cable debe poseer aislamiento exterior de Polietileno de Alto Peso Molecular (HMWPE) como refuerzo contra impactos mecánicos que permite su enterramiento directo. El cable se instala en una zanja mínimo 30 cm de ancho y una profundidad promedio de 60 cm en el sector comprendido entre el rectificador y el primer ánodo, la excavación de esta zanja se hará en forma manual.

Después de instalado el cable, se rellena y compacta el terreno hasta alcanzar una profundidad de 0,35 metros y se instala la cinta de señalización de 4" de ancho, color rojo y con la leyenda: "Cathodic Protection Cable Buried", que indica la presencia del Cable de Protección Catódica y se termina de rellenar y compactar para recomponer el terreno definitivo.

➤ Conexión del cable negativo. Se conectaran dos (2) cables negativos al tanque, cada cable negativo va conectado desde la pestaña del tanque hasta una caja de negativos y posteriormente saldrá hacia el rectificador. Estos cables deben poseer aislamiento exterior de Polietileno de Alto Peso Molecular (HMWPE) como refuerzo contra impactos mecánicos que permiten su enterramiento directo. Los cables se instalaran en una zanja mínimo 30 cm de ancha y una profundidad

promedio de 0.60 metros en el sector comprendido entre el rectificador y el tanque.

La excavación de esta zanja se hará en forma manual. El personal que efectuará la excavación estará provisto de los implementos de seguridad adecuados, de palas, barras y picas en buenas condiciones y no serán sometidos a esfuerzos innecesarios para aumentar la productividad. Extremos cuidados deben tenerse para evitar golpear líneas enterradas o dañar líneas telefónicas o cables energizados enterrados.

Se rellena y compacta el terreno hasta alcanzar una profundidad de 0,35 metros, se instala la Cinta de Señalización de 4" de ancho, color rojo y con la leyenda: "Cathodic Protection Cable Buried", que indica la presencia del Cable de Protección Catódica y se termina de rellenar y compactar para recomponer el terreno definitivo.

Para la conexión del cable a la pestaña del tanque se utiliza soldadura exotérmica de 15 Gramos. En lo posible se compartirá la misma excavación para positivos y negativos en donde aplique en el recorrido.

➤ Instalación de ánodos - cama anódica distribuida. A este grupo pertenecen las camas anódicas construidas en forma distribuida alrededor del tanque. Los ánodos serán instalados en forma vertical perpendiculares al plano horizontal del terreno y a una profundidad de 3 metros.

Los ánodos se instalaran en un círculo imaginario correspondiente al diámetro del tanque (9.167 m) más 3 metros de separación con relación a la pestaña, para una separación de 15.88 metros entre ellos.

De los datos de resultados del diseño se toma la profundidad de perforación para cada ánodo, que en este caso es de tres (3) metros, cada uno lleva una columna de coke y el diámetro del orificio final que es de 8".

➤ Técnica de perforación de cada pozo. La técnica es manual y se utiliza una paladraga con mangos de 2,5 metros de altura. Antes de iniciar la perforación, se hace un ante pozo que tenga 1 mt x 1 mt y 0,50 mt de profundidad.

El material extraído se dispondrá en un sitio cercano al hueco, debajo del cual se colocará un plástico para evitar contaminar el resto del terreno.

➤ Instalación de ánodos. Una vez finalizada la perforación de los tres (3) pozos, se procede a realizar la instalación de los ánodos. Antes de instalarlos, se solicita el visto bueno de la Interventoria. Este corresponde a un punto de inspección. Se despeja un área cerca de cada pozo. A cada ánodo se le amarra una cuerda de Nylon de 1/4" de diámetro para ejecutar el bajado y evitar con esto dañar el cable.

Se instalan los centralizadores a 20 cm desde los extremos de los ánodos utilizando abrazaderas no metálicas tipo cremallera a cada ánodo. El extremo de la cuerda se une al ánodo utilizando abrazaderas no metálicas tipo cremallera; cuando esté listo el ánodo se baja manualmente, teniendo el cuidado de dejarlo paralelo a las paredes del hueco. Esta actividad se efectuará en la boca del pozo y el personal tendrá los implementos de seguridad requeridos.

Los ánodos se suspenden amarrando la cuerda de Nylon a un elemento fijo, para seguir con la inyección del coke.

➤ Inyección del relleno de coke. Antes de inyectar el Coke, se solicita visto bueno de la Interventoría. Este corresponde a un punto de inspección. Para la inyección de Coke, se debe disponer de un embudo de boca ancha de 20” de diámetro y de boca angosta de 4” de diámetro, la cual se coloca en la boca del pozo.

Se destapa la bolsa de coke de 50 libras y se hace verter por gravedad hasta llenar totalmente los tres (3) metros de cada pozo. La capa superior se debe apisonar y llenar con material retirado del pozo libre de piedras.

Cada funcionario encargado de la aplicación del coke tendrá sus respectivos elementos de seguridad, pero se debe tener el cuidado de usar mascarar con filtros para evitar contaminación del carbono.

➤ Soldadura exotérmica. Teniendo en cuenta la importancia de la aplicación de soldaduras exotermicas, en esta sección se describe el procedimiento detallado. El personal autorizado para efectuar este tipo de trabajo debe poseer entrenamiento y tener competencia para efectuar esta labor. Deberá tener su propio equipo de protección: braga, gafas, guantes y pinzas para el manejo de los moldes y soldadura. Los detalles basicos son los siguientes:

❖ **Cables, varillas, platinas o superficies que reciben la soldadura:**

La humedad retenida entre los filamentos ocasiona salpicaduras y derrames de soldadura; al igual que el mugre, la grasa , los aceites industriales y óxidos. La soldadura, en presencia de estos elementos, será deficiente. Los

elementos deben limpiarse con un cepillo metálico para remover todos los componentes extraños .

❖ **Moldes:**

Absorben la humedad del medio ambiente. El polvo, mugre, grasa y otros ocasionan soldaduras deficientes. Deben calentarse con antorcha. Asegurarse que se elimine todo vestigio de humedad. Se comprueba en el campo colocando una gota de agua en uno de los costados; esta debe evaporarse inmediatamente.

❖ **Fugas:**

Si hay evidencia de posibles fugas a través de las entradas de los conductores, se puede utilizar barro arcilloso o cerámico alrededor de los conductores o cables en la parte exterior.

- Celdas de referencia. Las celdas de referencia permanentes serán de cobre – sulfato de cobre y se instalaran mediante la utilización de una maquina especial para perforación dirigida. Una perforación de 2” de diámetro efectuada desde el exterior del tanque, penetrando hasta una distancia equivalente al radio (R) metros. Allí se ubica la primera celda y la segunda a R/2 metros de la pestaña. Se aprovecha la misma perforación para instalar las dos (2) celdas.

➤ Resistencia. Para colocar un solo rectificador para ambos tanques, por lo cual se realizaron cálculos para añadir una resistencia adecuada al sistema de menor requerimiento de voltaje, para poder mantener el sistema correctamente de acuerdo con los cálculos realizados que fue de 4Ω , la cual se instalará en la junction box para posteriormente instalar los shunts. La resistencia debe ser variable y tener un rango de 0 a 10 ohms.

3.2.2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA EXTERIOR DEL TANQUE T-02.

Se realizó el rediseño del sistema de protección catódica por corriente impresa para proteger el exterior del fondo del Tanque nuevo T-02, perteneciente a la Zona I, mediante la construcción de una cama anódica tipo REJILLA o "GRID" debajo de cada fondo de tanque, con cinta anódica de Mixed Metal Oxide (MMO) y barras de titanio, distribuida uniformemente debajo del tanque.

El estudio está basado en el análisis de la información técnica sobre el diseño y construcción del tanque y su fundación teniendo en cuenta especialmente el relleno que estará en contacto con las laminas de su fondo, los datos de campo tomados para obtener datos de resistividades del terreno de la zona I, análisis químico del terreno con resultados de pH, cantidad de cloruros y sulfatos solubles y presencia de bacterias sulfato reductoras.

3.2.2.1 Definiciones.

- ❖ SPC: Sistema de Protección Catódica
- ❖ PC: Protección Catódica
- ❖ CAMA ANODICA TIPO REJILLA O “GRID”: Cama de ánodos compuesta por cintas anódicas de Mixed Metal Oxide – MMO, entrelazadas con barras de Titanio, las cuales llevan soldadura de puntos en las intersecciones. La REJILLA o “GRID” se entierra a una profundidad entre 0,30 a 1,0 metro.
- ❖ MMO: Mixed Metal Oxide
- ❖ POWER FEED: Es un elemento metálico de Titanio que se suelda a un cable de cobre HMWPE de espesor AWG No. 8 y se recubre con el Splice Kit tubular marca 3M o similar el cual se protege con resina. Este elemento actúa como alimentador de corriente DC que viene del rectificador de protección catódica.
- ❖ CABLE ANÓDICO: Es un cable con protección de polietileno de alto peso molecular (HMWPE), que se instala desde el Power Feed hasta el rectificador de protección catódica y el cable negativo que va desde la pestaña del tanque hasta el rectificador de protección catódica.

3.2.2.2 Resistividades de la arena. Los valores obtenidos en la zona I en donde se construirá el tanque nuevo, que corresponden a una profundidad de 1,0 metro en donde el terreno presenta una naturaleza corrosiva cuyos datos están registrados en el documento IN-RESISTIVIDADES ZONA I (Ver anexo J).

Esto quiere decir que el terreno puede afectar por corrosión, en un futuro al fondo del tanque y por lo tanto es justificado el diseño de un sistema de protección catódica para su protección.

La arena será el relleno que estará en contacto directo con la REJILLA anódica o “GRID”. La resistividad de la arena es un indicador de su capacidad de promover la corrosión en una estructura metálica y también como la capacidad de hacer fluir la corriente de protección catódica hacia el fondo del tanque. Esta resistividad depende de la naturaleza y la cantidad de las sales disueltas en la arena y es también afectada por la humedad, compactación y presencia de materiales inertes, como piedrillas y grava, de las cuales debe estar totalmente libre antes de instalarla.

La arena que se utilizará para el relleno de los últimos 30 cm de capa que tocará el fondo metálico del tanque, será arena lavada de río la cual posee una resistividad máxima de 30.000 Ω -cm. Este será el dato utilizado para el diseño.

3.2.2.3 Criterio de diseño.

- ❖ Densidad de corriente: Este criterio se escoge de acuerdo al tipo de arena de relleno; teniendo en cuenta los parámetros NACE, referencias bibliográficas (W.A Peabody; J. Winkelmann) y basados en la experiencia obtenida, la densidad de corriente para arena lavada de río de 30.000 Ω -cm en condiciones estáticas del electrolito, es del orden de 1 microamperio por centímetro cuadrado, es decir igual a 20 mA/m² pero hay que hacer un ajuste por la alta temperatura de operación del orden de 172 °F (78°C).
- ❖ Área desnuda: Tener en cuenta si la estructura a proteger esta desnuda o protegida. Se aplica el 100% de área cuando por tratarse del fondo de

tanques nuevos que no serán protegidos con revestimiento por su constructibilidad.

- ❖ Tipo de cama anódica: Definido para estos tanque nuevos como REJILLA o “GRID” instalada debajo del Tanque en el lecho de 30 cm al final del relleno de arena lavada de río, con cinta anódica de MMO y barras de titanio.
- ❖ Temperatura de operación: El tanque de prueba nuevo T-02 va a operar a una temperatura máxima de 172 °F (78° C). Por esta condición 20mA/m² no es una densidad de corriente ajustada a esta temperatura de trabajo, un incremento del 25 % de la corriente por cada 10 °C debe ser ajustado por encima de los 40 °C es decir debemos ajustar un 120% por encima de los 20 mA/m² en resumen se aplicará un criterio de 44 mA/m².
- ❖ Tipo de ánodo: Por tratarse de un tanque nuevo cuya instalación del sistema de protección catódica se puede realizar en paralelo con el montaje de las láminas del fondo y por la tecnología actual, se ha definido el uso del sistema REJILLA o “GRID”. El ánodo es una cinta con base en titanio y recubrimiento de mezcla de óxidos MPTIR, bajo especificación ASTM B-265 – Titanium, Grado 1, unido con barras conductores fabricadas en titanio bajo especificación ASTM B-265 Titanium Grado 1, soldadas por fusión mediante la técnica de puntos.
- ❖ Factor de resistividad del relleno del anillo: Para los cálculos de la resistencia final del tendido de la REJILLA o “GRID”, se ha seleccionado un material de relleno con resistividad menor o igual a 30.000 Ω-cm.

- ❖ Profundidad de enterramiento: Factor importante para permitir la distribución de la corriente por todo el fondo del tanque. Se enterrará el GRID a una profundidad de 30 cm. Este factor de enterramiento evitará que la cinta anódica toque las láminas desnudas y se bloquee el sistema de PC.
- ❖ Cobertura de la cinta anódica: Este factor será calculado para garantizar una mejor distribución de corriente.

- ❖ Espacio de la barra conductora: Factor que garantizará el puente para el paso de la corriente de PC a los ánodos. Se ha seleccionado un espaciamiento máximo de 3,5 m dado su pequeño diámetro. Las barras adicionalmente servirán de armazón y soporte mecánico de las cintas anódicas.

- ❖ Cables: Se especifica el uso de cable de polietileno de alto peso molecular AWG No 8 HMWPE, para ser utilizados como cable para la conexión de los alimentadores de corriente (power feeds). Los cables positivos y negativos para cerrar el circuito DC, serán también de alto peso molecular AWG No. 4 HMWPE,. Este cable anódico tendrá una resistencia de $8,5 \times 10^{-4} \Omega\text{-mt}$. Para las estaciones de prueba se selecciona cable AWG No 12 HMWPE. Para efectos de cálculo se tendrá en cuenta la resistencia que ofrecen los cables anódicos conectados a los terminales negativos y positivos del sistema.

- ❖ La cinta anódica de TELPRO o similar de 1,27 cm. de ancho drena 0,034 A/mt para una larga vida útil. Para efectos de los cálculos se utilizará este factor de drenaje de corriente.

- ❖ Potencial de polarización: De acuerdo con los resultados químicos de campo y con la normas NACE, se utilizará un potencial de polarización de -1000 milivoltios (mV) “OFF”. El potencial “ON” no superará los -2400 milivoltios (mV), debido a que la pintura epoxica o capa de poliuretano exterior del tanque puede presentar desprendimiento catódico (disbonding catódico) cerca a la pestaña del tanque cuando supera las -2400 milivoltios (mV).

- ❖ La vida útil del sistema es calculada para 30 años.

- ❖ Estación de prueba: La estación de prueba será construida en tubería de 1-1/2” de diámetro y caja de conexión superior y tendrá una altura de 1,50 metros a partir del nivel del suelo. Tendrá una compuerta con caja interna, baquelita y mínimo 5 sitios de apertaje, tres para los cables de las celdas de referencia y dos para el negativo de monitoreo que se sacaran de la pestaña del tanque.

- ❖ Caja de conexión de positivos: La caja de conexión será Nema 7, dado que se instalará en área clasificada. Tendrá 2 orificios de 1-1/2” en la parte inferior y 1 orificio de 1-1/2” en la parte superior. La caja de conexión tendrá una altura de 0,60 metros a partir del nivel del suelo. Tendrá una compuerta con caja interna, barra de conexionado y mínimo 5 sitios de apertaje, esta caja será compartida para el tanque T-01 y T-02.

- ❖ Caja de conexión de negativos: La caja de conexión será Nema 7, dado que se instalará en área clasificada. Tendrá 2 orificios de 1-1/2” en la parte inferior y 1 orificio de 1-1/2” en la parte superior. La caja de conexión tendrá una altura de 0,60 metros a partir del nivel del suelo. Tendrá una compuerta

con caja interna, barra de cobre para conexiones, esta caja será compartida para el tanque T-01 y T-02.

- ❖ La soldadura exotérmica a utilizar será de 15 gramos para todos los casos.
- ❖ El rectificador será enfriado por aire en caja Nema 3, dado que no se instalará en área clasificada.
- ❖ Puesta en Marcha: Los potenciales naturales se tomarán justo antes de prender el SPC, es decir, cuando se haya construido en un 100% el tanque. Cuando se prenda el SPC, la estructura se dejará polarizando entre 2 y 3 días antes de tomar los valores “ON-OFF” en la estación de prueba. También se tomarán potenciales en ocho (8) puntos simétricos alrededor del tanque.

3.2.2.4. Cálculo de diseño.

- Área total (At). El área total involucrada con el Sistema de Protección Catódica será: el área del fondo del tanque. La siguiente formula es utilizada:

<i>Estructura</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Fórmula</i>
Tanque	D	$\pi \cdot D^2 / 4$

$$\Pi=3.1416$$

$$D = 12,2 \text{ metros (40')}$$

$$A_t = (12,2)^2 \text{ m}^2 * 3,1416 / 4$$

$$A_t = 116,9 \text{ m}^2$$

➤ Área desnuda a proteger.

$$A_p = A_e * \%A_d$$

En donde:

A_{PROTEGER} = Área a proteger

A_e = Área de la estructura

A_d = Criterio de área desnuda según tipo de recubrimiento

$A_d = 100\%$ para estructura desnuda como el fondo del tanque.

$$A_p = 1 * 116,9 \text{ m}^2$$

$$A_p = 116,9 \text{ m}^2$$

➤ Cálculo de corriente requerida. Se determina una densidad de corriente²² requerida para proteger de 44 mA/m² para el acero desnudo en contacto con arena a resistividad de 30.000 Ω-cm. Los cálculos de corriente requerida serán:

$$I_{\text{REQUERIDA}} = A_{\text{PROTEGER}} \times \text{Densidad de corriente}$$

$$I_{\text{REQUERIDA}} = 116,9 \text{ m}^2 \times 44 \text{ mA/m}^2$$

$$I_{\text{REQUERIDA}} = 5143 \text{ mA} / 1000 \text{ mA/Amp}$$

$$I_{\text{REQUERIDA}} = 5,143 \text{ Amp}$$

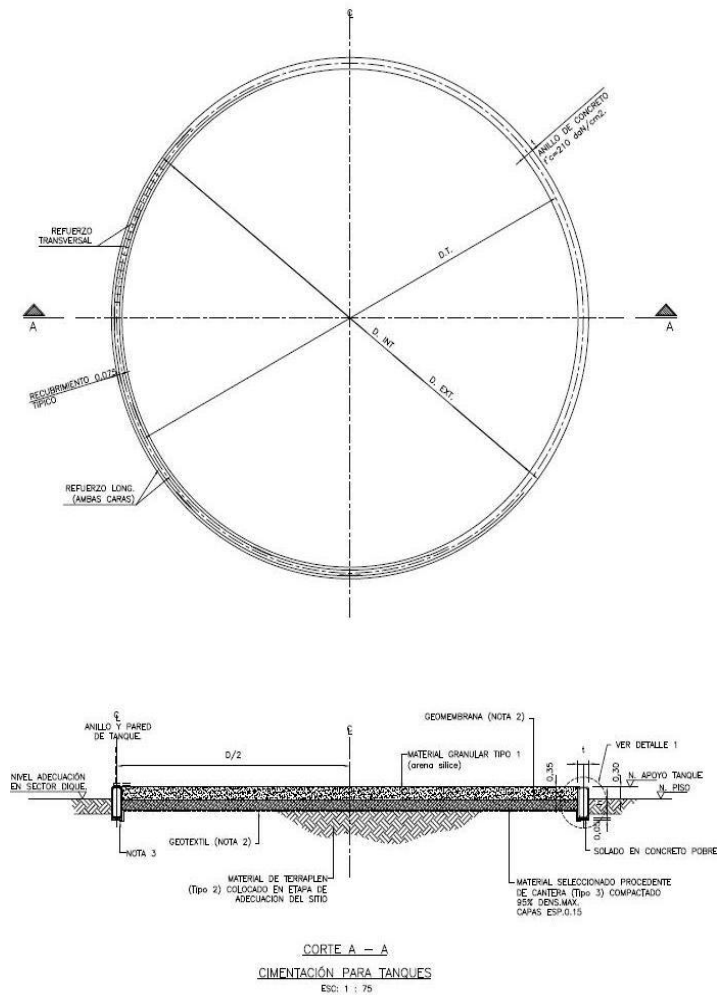
El tanque nuevo tendrá contenedor secundario compuesto por una geomembrana Permafex HR 500 como se muestra en la Figura 8. Esta geomembrana será instalada para el tanque nuevo (T-02), a 0,30 m del fondo del tanque como se observa en la figura 8 Así que el sistema de PC estará ubicado en el relleno el cual se va encontrar entre el fondo del tanque y esta geomembrana. Se selecciona un sistema anódico Tipo REJILLA o "GRID" compuesta por cintas anódicas de MMO.

²² El valor de la densidad de corriente se toma del libro:

Morgan, Jhon 1987 "Cathodic Protección". National Association of Corrosion Engineers, pp 51-53

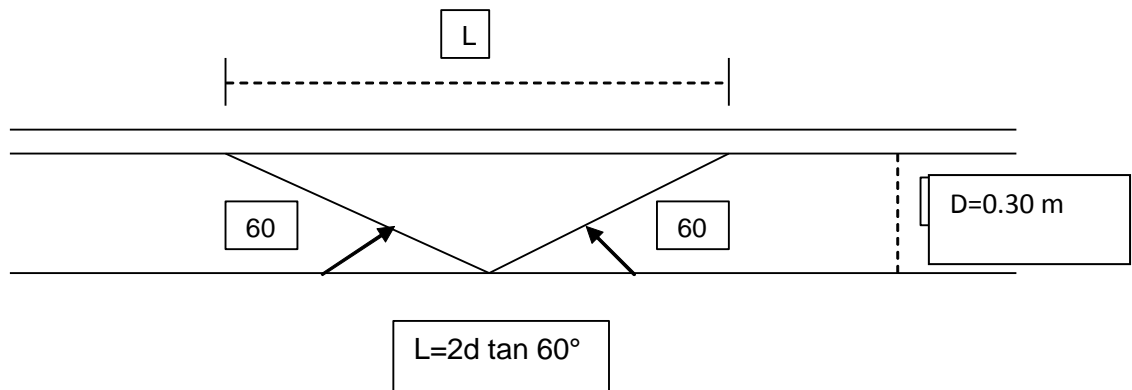
Wmkelmann A. Jorge 1986 "Control de la Corrosion" National Association of corrosion Engineers PP 82

Figura 8. Esquema de la geomembrana



- Alcance esperado de la cinta anódica. La cinta de MMO se instalará a 0,30 m del fondo de tanque. Varias cintas de MMO deben ser instaladas para distribuir la corriente en toda el área del fondo del tanque. Un ángulo de 120° entre la cinta y el fondo del tanque define el área a cubrir. (Ver Figura 9.)

Figura 9. Alcance de la cinta anódica



La cobertura de la cinta de MMO está dada por la ecuación:

$$L = 2 d \tan 60^\circ$$

en donde

L = Ancho de la cobertura del ánodo (m)

d = Distancia entre cinta anódica y fondo de tanque (0.30 m)

$$L = 2 \times 0,30 \text{ m} \times 1,73$$

$$L = 1,039 \text{ m} = 1,04 \text{ m}$$

Por el diámetro del tanque, se escoge el espacio entre cintas anódicas de 1,04 m.

➤ Cálculo de la cantidad de cinta de MMO por cobertura. La longitud total de cinta de MMO requerida para el tanque de 12,2 m de diámetro (D) con separación máxima de 1,04 m (d) es:

$N = D / d$ en donde N = Numero de cintas anódicas en paralelo

$$N = 12,2 \text{ m} / 1,04 \text{ m}$$

$$N = 12 \text{ cintas}$$

Se debe instalar 12 cintas sobre centros de 1,04 m. Para calcular las dimensiones de las otras cintas utilizamos el teorema de Pitágoras:

$$y = (r^2 - x^2)^{0.5}$$

En donde: x = distancia desde el centro del tanque (m).

y = $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cinta (m) desde el centro del tanque.

r = radio del tanque (6,1 m).

Desarrollando la ecuación, la Tabla 8 resumen los cálculos de longitud de cinta anódica para un cuadrante del fondo del tanque.

Tabla 8. Longitud de cintas anódicas por cuadrante (1)

x (m)	y (m)
0,52	6,1
1,56	5,9
2,6	5,5
3,64	4,9
4,68	3,9
5,72	2,1
Total	28,4

La longitud mínima de cinta anódica requerida para dar total cobertura al fondo del tanque es:

$$L = 4 \times (28,4) = 113,6 \text{ m}$$

➤ Cálculo de la cantidad de cinta MMO por demanda de corriente.

Considerando una cinta anódica de MMO con las siguientes propiedades:

Capacidad (Ca) : 0,034 A/m para 30 años de vida

Dimensión: 1,27 cm x 0.064 cm (0,50" x 0,025")

La longitud total de cinta de MMO requerida para drenar 5,14 amperios calculados, está dada por la siguiente ecuación:

$$L = I/Ca$$

En donde: L = Longitud de cinta requerida

I = Total de corriente requerida (5,14 Amp)

Ca = Capacidad (0,034 Amp/m)

$$L = 5,14 \text{ A} / 0,034 \text{ A/m} = 151,17 \text{ m}$$

Como tenemos 113,6 m de cinta anódica, la capacidad de drenaje será de:

$$I = L \times Ca = 113,6 \text{ m} \times 0,034 \text{ A/m} = 3,86 \text{ A}$$

En resumen se decide que por cobertura se requieren 113,6 m de cinta de MMO la cual tendrá una capacidad de drenaje total de 3,86 A, un 24,90 % menor a la requerida.

Por lo cual es necesario incrementar el número de cintas para alcanzar la demanda de corriente por lo cual se disminuye el espacio entre cintas a 0,7 por lo cual se hicieron nuevos cálculos.

➤ Cálculo de cantidad de MMO por cobertura. La longitud total de cinta de MMO requerida para el tanque de 12,2 m de diámetro (D) con separación máxima de 0,7 m (d) es:

$N = D / d$ en donde N = Numero de cintas anódicas en paralelo

$$N = 12,2 \text{ m} / 0,7 \text{ m}$$

$$N = 18 \text{ cintas}$$

Se debe instalar 18 cintas sobre centros de 0,7 m. Para calcular las dimensiones de las otras cintas utilizamos el teorema de Pitágoras:

$$y = (r^2 - x^2)^{0.5}$$

En donde: x = distancia desde el centro del tanque (m)

y = ½ de la longitud de la cinta (m) desde el centro del tanque

r = radio del tanque (6,1 m)

Desarrollando la ecuación, la Tabla 9. resumen los cálculos de longitud de cinta anódica para un cuadrante del fondo del tanque.

Tabla 9. Longitud de cintas anódicas por cuadrante (2)

x (m)	y (m)
0,35	6,1
1,05	6,0
1,75	5,8
2,45	5,6
3,15	5,2
3,85	4,7
4,55	4,1
5,25	3,1
5,95	1,3
Total	41,9

La longitud mínima de cinta anódica requerida para dar total cobertura al fondo del tanque es:

$$L = 4 \times (41,9) = 167,6 \text{ m}$$

➤ Cálculo de la cantidad de MMO por demanda de corriente. Considerando una cinta anódica de MMO con las siguientes propiedades:

Capacidad (Ca): 0,034 A/m para 30 años de vida

Dimensión: 1,27 cm x 0,064 cm (0,50" x 0,025")

La longitud total de cinta de MMO requerida para drenar 5,14 amperios calculados, está dada por la siguiente ecuación:

$$L = I/Ca$$

En donde: L = Longitud de cinta requerida

I = Total de Corriente Requerida (5,14 Amp)

Ca = Capacidad (0,034 Amp/m)

$$L = 5,14 \text{ A} / 0,034 \text{ A/m} = 151,17 \text{ m}$$

Como tenemos 167,6 m de cinta anódica, la capacidad de drenaje será de:

$$I = L \times Ca = 167,6 \text{ m} \times 0,034 \text{ A/m} = 5,69 \text{ A}$$

En resumen se decide que por cobertura se requieren 167,6 m de cinta de MMO la cual tendrá una capacidad de drenaje total de 5,69 A, un 10,70 % mayor a la requerida.

Las cantidades de cinta se pueden apreciar en la Tabla 10 y la disposición de cintas se observa en la Figura 10.

Figura 10. Esquema de las cintas anódicas de MMO

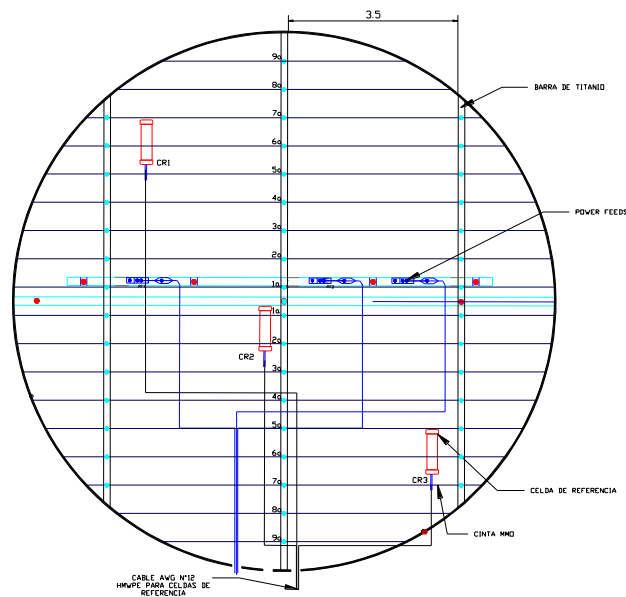


Tabla 10. Longitudes de cintas anódicas para el fondo del tanque

Cinta MMO	Longitud (m)
1a	12,2
1a	12,2
2a	12,0
2b	12,0
3a	11,7
3b	11,7
4a	11,2
4b	11,2
5a	10,4
5b	10,4
6a	9,5
6b	9,5
7a	8,1
7b	8,1
8a	6,2
8b	6,2
9a	2,7
9b	2,7
Total	168

➤ Cálculo de la atenuación de las cintas de MMO. Para la cinta de MMO es necesario instalarle un bus eléctrico compuesto por barras cruzadas de titanio sin excesiva atenuación. Las cintas de MMO tienen núcleo de titanio puro cuya resistividad se encuentra en el orden de $4.2 \times 10^{-7} \Omega\text{-cm}$ a $5.2 \times 10^{-7} \Omega\text{-cm}$ ²³ usando el caso más crítico, es decir $42 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}$, la resistencia lineal por metro de la cinta de MMO es:

$$R = \rho L / Ax$$

En donde: ρ = resistividad del titanio puro ($42 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}$)

L = longitud de la cinta de MMO (100 cm por metro)

Ax = Área seccional de la cinta de MMO (1,27 cm x 0,064 cm = 0,08128cm²)

R = Resistencia lineal de la cinta de MMO (Ω)

$$R = 42 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm} \times 100 \text{ cm} / 0,08128 \text{ cm}^2 = 0,0516 \Omega \text{ por metro}$$

Asumiendo la longitud promedio de la cinta anódica:

$$L_{\text{pro}} = 168 \text{ m} / 18 = 9,33 \text{ m}$$

Usando la formula de Dwight's modificada:

$$R = \frac{0,005 \rho}{\pi L} * \left(Ln \frac{4L}{d} + Ln \frac{L}{h} - 2 + \frac{2h}{L} \right)$$

En donde: R = resistencia de una sección promedio de cinta (Ω)

ρ = resistividad de la arena de relleno (30,000 $\Omega\text{-cm}$)

L = Longitud promedio de cinta anódica (9,33 m)

d = diámetro de la cinta de MMO ($2,8 / 100 * \pi = 0,009 \text{ m}$)

²³ ASM Vol. 2, 10 th Edition, "Metals Handbook", 1990, p620

$h =$ profundidad de la cinta de MMO (0,30 m)

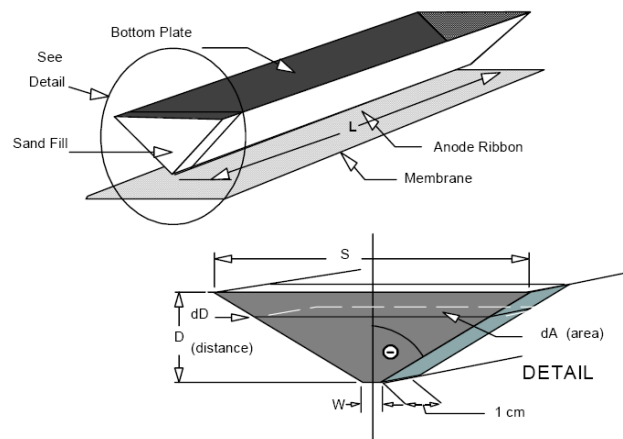
$$R = 5,11 \, \Omega (8,33 + 3,43 - 2 + 0,064) = 5,11 \, \Omega * 9,8 = 50,20 \, \Omega$$

La resistencia por cinta anódica promedio es:

$$R_t = 50,20 \, \Omega / \text{cinta promedio} / 18 \text{ cintas} = 2,79 \, \Omega .$$

➤ Cálculo de la resistencia del sistema. Es posible estimar la resistencia del sistema usando una sección de cinta anódica que cubre 0,30 m del fondo del tanque. la Figura 11. ilustra esta sección.

Figura 11. Esquema de una sección de cinta que cubre 0,30 metros del fondo del tanque



24

Considerando una sección de platina de acero del fondo del tanque de 1.0 metro de ancho cubierto por una cinta anódica formando un prisma triangular de arena

²⁴ Procedimientos de diseños de sistemas de protección catódica. Insercor Ltda.2009

lavada con 30.000 Ω-cm de resistividad. La corriente fluye desde la cinta anódica con 0.0064 m de ancho incrementándose en la arena. La Resistencia es directamente proporcional a la resistividad y a la longitud del paso de corriente e inversamente proporcional a la sección de área. Para efectuar el cálculo de la Resistencia se usa la siguiente ecuación, asumiendo que $w \ll D$:

$$R = \frac{\rho}{2L \tan \theta} \ln \frac{2D \tan \theta}{w}$$

En donde: R = resistencia de L cm de longitud de cinta MMO, en Ω

ρ = resistividad (30.000 Ω-cm)

θ = ½ ángulo formado entre la cinta y la lamina del fondo (30°)

L = Promedio de longitud de la cinta anódica, en cm

w = ancho del ánodo, en m

D = distancia entre ánodo y fondo del tanque, en m

$$R = \frac{30000 \Omega - \text{cm}}{2 * 933 \text{ cm} * \tan 30^\circ} \ln \frac{2 * 0,30 \text{ m} * \tan 30^\circ}{0,0127}$$

R = 92,08 Ω

La Resistencia para las 18 cintas anódicas dispuestas en paralelo es de:

Rt = 92,08 Ω / 18 = 5,11 Ω

➤ CÁLULO DE CANTIDAD DE BARRAS DE TITANIO

Considerando barras de titanio puro con las siguientes medidas:

Ancho: 1,27 cm

Espesor: 0,1 cm

El numero de barras de titanio requeridas es:

$$N = d / s$$

En donde: N = numero de barras de titanio

d = diámetro del tanque, en m

s = espaciamento de las barras, en m

Por experiencia y de acuerdo con el diámetro del tanque, el espaciamento sugerido es de 3,5 metros por el diámetro del tanque:

$$N = 12,2 \text{ m} / 3,5 \text{ m}$$

$$N = 3,48 \text{ barras de titanio}$$

Una barra de titanio central será instalada y otra a cada lado de esta. La Tabla 11. Resume los cálculos de longitud de las barras de titanio para un cuadrante del fondo del tanque.

Tabla 11. Longitud de barras de titanio por cuadrante

X (m)	Y (m)
0	6,1
3,5	5
TOTAL	11,1

Con el centro de la primera barra localizada en el eje central del tanque, se calcula por Pitágoras las longitudes requeridas para un cuadrante. La longitud mínima de las barras de titanio para unir las cintas anódicas es:

$$L = 4 * (11,1 \text{ m} - 6,1 \text{ m}) + 2 * 6,1 \text{ m} + 7 \text{ m} = 39.2 \text{ m}$$

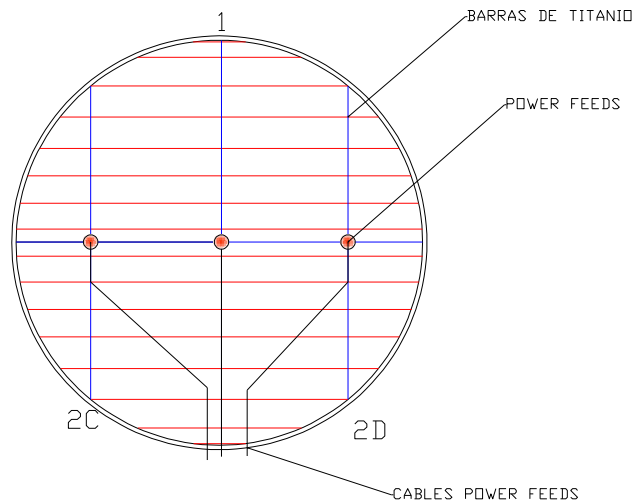
Se le suman 7 m que corresponden a una barra independiente para soldar los power feeds.

Las cantidades de barras se pueden apreciar en la Tabla 12 y la disposición de barras y power feeds (alimentadores de corriente), se observan en la Figura 12.

Tabla 12. Longitudes de barras de titanio para el fondo del tanque

Barras Ti	Longitud (m)
1 Central	12.2
2c	10
2d	10
P.F.	7
TOTAL	39.2

Figura 12. Esquema de barras y power feeds.



➤ SELECCIÓN DE LA POTENCIA DEL RECTIFICADOR

Para realizar el cálculo del valor nominal de la potencia del rectificador a emplear, usamos la ecuación de la ley de Ohm:

$$V_{\text{RECTIFICADOR}} = I_{\text{TOTAL}} * R_{\text{CIRCUITO}}$$

Donde:

V = Voltaje (V)

I TOTAL= Corriente requerida (A)

R CIRCUITO= Resistencia total del sistema (Ω)

$$V_{\text{RECTIFICADOR}} = I_{\text{TOTAL}} * R_{\text{SISTEMA}}$$

$$V_{\text{RECTIFICADOR}} = 5,14 \text{ Amp} * 5,11 \Omega$$

$$V_{\text{RECTIFICADOR}} = 26,26 \text{ Voltios}$$

La potencia del Rectificador será multiplicada por el factor del 15 %:

$$\text{Rectificador} = V \text{ RECTIFICADOR} * 1,15 - I \text{ TOTAL} * 1,15$$

$$V \text{ RECTIFICADOR} = 26,26 * 1,15 = 30,20 \text{ Voltios}$$

$$I \text{ TOTAL} = 5,14 * 1,15 = 5,91 \text{ Amperios}$$

$$\text{Rectificador} = 30,20 \text{ Voltios} - 5,91 \text{ Amperios}$$

La selección se hace acorde al diseño del tanque T-01y T-02, con un voltaje de 30,20 V y la sumatoria de las corrientes de los dos tanques debido a un sistema de protección catódica de ánodos en paralelo es 9,91 A.

$$\text{Rectificador} = 30,20 \text{ Voltios} - 9,91 \text{ Amperios}$$

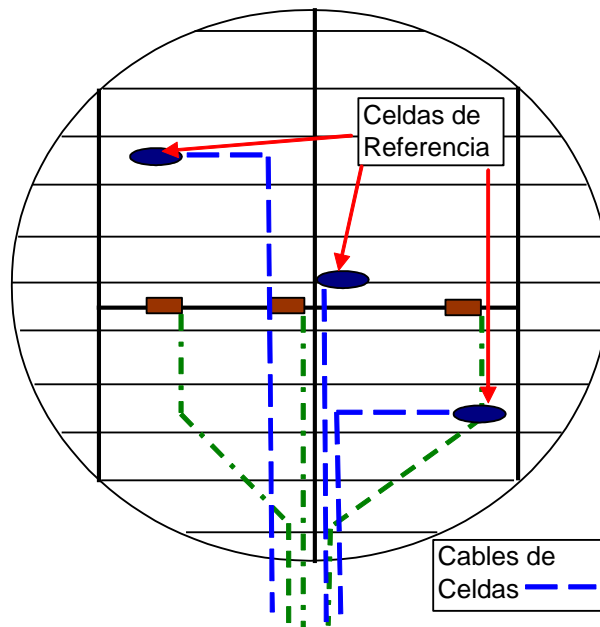
Se escoge en el mercado un rectificador comercial de potencia cercana o de mayor especificación para que cumpla con el propósito de ser compartido para los dos tanques.

$$\text{Rectificador} = 40 \text{ Voltios} - 10 \text{ Amperios}$$

ESTE EQUIPO CUMPLIRA LAS EXIGENCIAS PARA EL TANQUE T-01 Y T-02.

3.2.2.5 Monitoreo de potenciales. Para efectuar el monitoreo de potenciales de protección catódica, se deben instalar tres (3) celdas de referencia permanentes de cobre – sulfato de cobre (Cu-CuSO_4) en el fondo del tanque. La Figura 13 muestra un esquema de la ubicación de las Celdas de referencia.

Figura 13. Ubicación celdas de referencia Cu-CuSO₄



3.2.2.6 Procedimiento básico de instalación. La Construcción del sistema de protección catódica por corriente impresa para el fondo de tanques por sistema de REJILLA o malla GRID será ejecutada de acuerdo con los siguientes parámetros:

➤ Instalación del Rectificador. La ubicación del rectificador estará determinada por la disponibilidad de corriente y espacio dentro de la estación. Será montado en un pedestal construido en tubería de 3" de diámetro de acero al carbono, el cual será empotrado en el suelo en una base de concreto. El rectificador tendrá configurado una tubería flexi conduit de 1-1/2" de diámetro, la cual llevara los circuitos positivos y negativos que se instalan en el gabinete del Rectificador; las salidas de estos circuitos serán totalmente independientes y llegarán a la Junction Box.

El rectificador será uno solo para ambos tanques (T-01 Y T-02) por lo cual la ubicación también será pertinente a la ubicación de ambos tanques.

- Instalación cable principal para cada cama anódica. El cable positivo de la cama anódica va conectado desde el borne positivo de la salida del rectificador hasta la caja de conexión que reparte corriente a cada uno de los power feeds (alimentadores de corriente) que están conectados a la malla GRID.

Este cable, calibre #4 AWG con aislamiento exterior de Polietileno de Alto Peso Molecular (HMWPE) como refuerzo contra impactos mecánicos que permite su enterramiento directo. El cable se instala en una zanja mínima de 30 cm de ancho y una profundidad de 0.6 metros encamisado en tubería de PVC de baja densidad con diámetro de 1-1/2", en el sector comprendido entre el rectificador y las cintas anódicas.

- Conexión del cable negativo. El cable negativo que sale del rectificador va a la pestaña del tanque y se harán 2 conexiones en el tanque. Este cable, calibre #4 AWG con aislamiento exterior de Polietileno de Alto Peso Molecular (HMWPE) como refuerzo contra impactos mecánicos que permite su enterramiento directo. Este cable se instala en la misma zanja del circuito positivo dentro de una tubería de PVC de baja densidad de 1-1/2".

Se rellena y compacta el terreno hasta alcanzar una profundidad de 0.35 metros, se instala la Cinta de Señalización que indica la presencia del Cable de Protección Catódica y se termina de rellenar y compactar para recomponer el terreno definitivo.

Para la conexión del cable a la pestaña del tanque se utiliza soldadura exotérmica de 15 gramos.

➤ Instalación de la malla de titanio. Los siguientes son los pasos utilizados durante la construcción de la REJILLA o malla “GRID” debajo del fondo del tanque.

❖ Preparación de los materiales de instalación

Se envía al sitio de la obra los materiales principales especificados en el diseño del sistema REJILLA o malla “GRID”, especificados en el listado de materiales del documento de diseño.

Preparación de la Arena: Después de determinar en el diseño efectuado por este procedimiento, que la resistividad máxima de la arena que se debe utilizar debe estar por debajo o igual a los 30.000 ohm/cm, a una profundidad de 30 cm por debajo del fondo del tanque y por encima de la Geo Membrana. Tendrá que asegurarse que la arena colocada cumple con esta resistividad.

❖ Corte de las cintas de titanio

De acuerdo con los datos de diseño y la geometría del tanque se cortaran cintas de titanio en las longitudes calculadas acordes con el diámetro del tanque y la separación de ellas establecidas en el diseño.

❖ Corte de las barras conductoras de titanio.

De acuerdo con los datos de diseño y la geometría del tanque se cortaran varillas de titanio en las longitudes calculadas acordes con el diámetro del tanque y la separación de ellas establecidas en el diseño.

❖ Extendido y ubicación de la varilla conductora de titanio

Durante el proceso de llenado del anillo con arena y faltando 30 cm para alcanzar el fondo del tanque las barras conductoras se ubicarán y extenderán sobre la arena así:

Varillas conductoras se deben extender de la siguiente forma: Una localizada en el eje central imaginario del mismo y dos separadas 3.5 metros a cada lado del eje central. Estas tres varillas serán instaladas en forma paralela a la central.

❖ Extendido y ubicación de las cintas de titanio con MMO.

Se ubicaran sobre las barras conductoras y las cintas de titanio perpendiculares a estas, distanciados entre sí 0,70 metros. La primera se fija a partir de la mitad imaginaria del tanque a una distancia de 0,35 y se van soldando con la separación que da el diseño.

❖ Soldadura de la rejilla de titanio

Las intersecciones resultantes de la disposición de las varillas conductoras y las cintas de titanio, serán soldadas mediante un equipo de soldadura de punto y siguiendo los puntos descritos a continuación:

1. Llenar un permiso de trabajo en caliente para soldadura en área clasificada.
2. Alistamiento de corriente 110 o 220 hasta el sitio del tanque, mediante una extensión eléctrica.

3. Ubicar un extintor en el área.
4. Medir presencia de gases antes de comenzar las labores diarias.
5. Ubicar las puntas del electrodo en el centro de cada intersección, cuidando mantener el área de soldadura lo más limpia posible.
6. Aplicar la soldadura de punto con un amperaje entre 32 y 50 amperios con un equipo de soldadura de punto portátil de 6 KVA, de intensidad variable.
7. Verificar la calidad de la soldadura mecánicamente.

➤ Instalación Power Feed (alimentadores de corriente)

Una varilla de titanio de 12,2 metros de longitud, será instalada en el centro cruzando a 90 grados las varillas de armazón de la REJILLA o “GRID”. Una vez terminada la soldadura de la rejilla, se procede soldar esta varilla y sobre ella se soldaran los tres (3) Power Feeds, siguiendo los mismos pasos del punto anterior cuidando ubicarlos lo más geométricamente posible distribuidos sobre la varilla de 12,2 metros, y llevando los cables hasta los pases ubicados en el anillo de concreto, y su destino a la Junction Box.

➤ Instalación de los electrodos de referencia. Una vez instalada la REJILLA o malla “GRID” se solicitara al constructor iniciar el llenado de arena de los últimos 30 cm, y cuando se lleven 8 cm, se colocaran las tres (3) celdas de referencia en los puntos señalados en el diseño y en los planos de construcción del sistema de PC. Es decir las celdas de referencia estarán a una distancia de 22 cm del fondo del tanque. Estas celdas serán distribuidas simétricamente en el fondo del tanque, y los cables serán llevados hasta el pase del anillo de concreto y su destino final en la estación de prueba.

- Caja de Conexiones (Junction Box). Dadas las características de las zonas en donde se ubican los tanques de almacenamiento, se instalará una caja de conexiones tipo NEMA 7, para recibir los tres cables de los power Feed, y contarán con un barraje en cobre, y se instalarán en dos tubos de 1-1/2" pulgadas a 1,50 m sobre el nivel del piso. Los tubos se enterraran 60 cm y tendrán como anclaje taches que le permitan una mayor adhesión al concreto.

- Estación de Prueba. La estación de prueba será tipo Guac de 1-1/2" para recibir los cables de las celdas de referencia de cobre-sulfato de cobre. Contara con una baquelita y tornillería en bronce y un tubo de 1 ½" por donde ingresan los cables AWG No 12 de las celdas. Además llevara los dos (2) negativos AWG No. 12 que viene de las pestañas del tanque.

- Soldadura Exotérmica. Se aplica soldadura exotérmica del cable negativo sobre la pestaña del tanque.

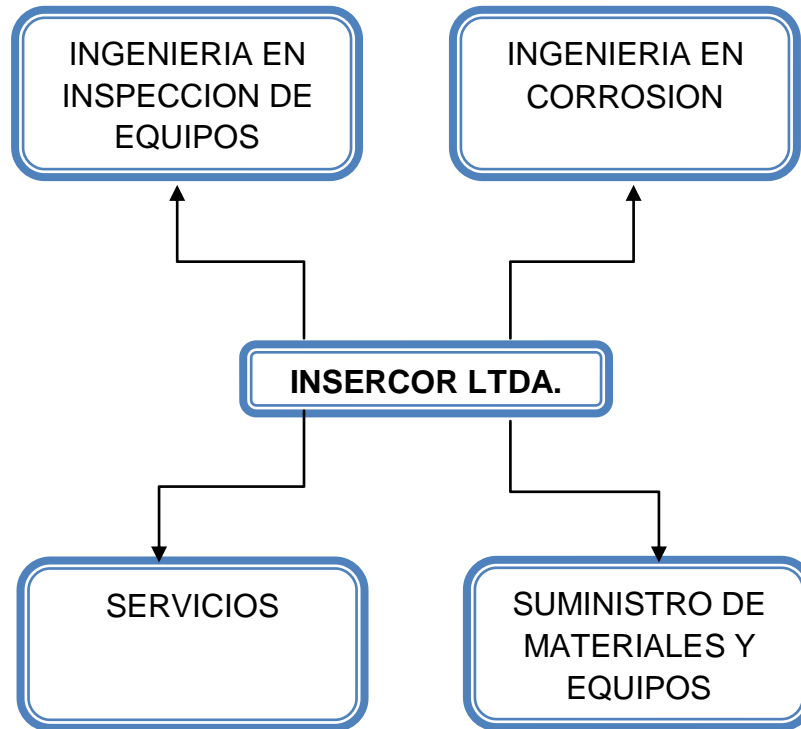
3.3. BENCHMARKING DE INSERCOR LTDA

El reconocimiento de la empresa se llevo a cabo a lo largo del tiempo estimado para el desarrollo de la práctica en sus dos campos críticos los cuales son la protección catódica y la inspección de equipos.

Estos dos campos fueron requeridos debido a la importancia que han tomado en los últimos años, en los diferentes sectores industriales de Colombia.

Partiendo de los diferentes servicios que ofrece la empresa se genero una estructura de negocios basados en los diferentes campos de acción.

Figura 14. Estructura.de negocios.



Cada uno de estos campos de acción involucra varios sub-campos de ejecución los cuales se definirán a continuación.

INGENIERIA EN INSPECCION DE EQUIPOS.

- ❖ INSPECCIONES MECANICAS
- ❖ ANALISIS DE FALLA
- ❖ ANALISIS DE VIDA RESIDUAL
- ❖ ANALISIS DE INTEGRIDAD Y CONFIABILIDAD
- ❖ ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END).

INGENIERIA EN CORROSION

- ❖ DISEÑOS DE PROTECCION CATODICA

- ❖ INSTALACION DE SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA
- ❖ MONITOREO DE SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA
- ❖ SISTEMAS DE CORROSION INTERIOR
- ❖ RECUBRIMIENTOS
- ❖ SOLDADURAS
- ❖ INHIBIDORES DE CORROSION
- ❖ ESTUDIOS ESPECIALES
- ❖ CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO

SERVICIOS

- ❖ INTERVENTORIAS EN OBRAS
- ❖ INTERVENTORIAS DE TALLER
- ❖ ASESORIA EN MATERIALES
- ❖ ASESORIA EN SOLDADURAS

SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS

- ❖ EN INSPECCION
- ❖ EN PROTECCION CATODICA
- ❖ EN CORROSION INTERIOR
- ❖ ACCESORIOS ELECTRICOS

Definido los 4 (cuatro) campos de ejecución principales los cuales se basaron en la implementación de gestión de la calidad que actualmente tiene la empresa.

La estructura de negocios genera una herramienta útil para el análisis en benchmarking pues fundamentalmente se basara en este estudio en la identificación de puntos críticos para mejoramiento de la empresa Insercor Ltda.

Inicialmente este estudio de basara en un benchmarking interno partiendo de los diferentes puntos de vista de los empleados que hacen parte de la empresa por lo cual se establecieron preguntas relacionadas con los campos de acción de la empresa, lo cual fue realizado a través de una encuesta (Ver anexo K); dicha encuesta sirvió como referencia para los puntos críticos de mejoras.

El objetivo principal de este estudio es encontrar puntos críticos de mejoras basado en un estudio interno para ver la viabilidad de integrar y fortalecer nuevos campos de aplicación a la empresa haciéndola mas expansible en los diferentes sectores industriales partiendo de que es necesario debido a la alta competitividad en el mercado.

Se observo que la empresa tiene implementado un sistema de gestión el cual genera un mejoramiento continuo de sus procesos, después del reconocimiento de la empresa en los diferentes campos de aplicación se observaron puntos críticos para mejorar el rendimiento de la empresa en todos los aspectos, estas mejoras son indispensables para fortalecerla en una industria más competitiva, también se genero la posibilidad de fortalecer y crear nuevos campos de implementación en el sector industrial.

El diagnostico interno se fundamento en los resultados de las encuestas (Ver anexo L) lo cual género punto críticos de mejoras como:

- ❖ La empresa requiere procesos de capacitación interna dado por parte de personal interno: esta capacitación puede estar definida para los cuatro campos de aplicación de la empresa, estas capacitaciones pueden ser

enfocadas como cursos de inducción para personal nuevo en la empresa y actualización de las diferentes temáticas empleadas en los diferentes proyectos.

- ❖ Actualmente la empresa requiere de la implementación de un procedimiento de resolución de conflictos, debido a las distintas cargas generadas por los diferentes proyectos, el personal necesita de un manejo apropiado de los conflictos internos en los grupos de trabajo, porque las cargas laborales que muchas veces se ven intensificadas por parte del cliente. El objetivo de esta mejora se basa en garantizar armonía, trabajo en equipo y buenas relaciones entre los trabajadores.
- ❖ La empresa requiere implementar un sistema de programación de proyectos fomentando grupos de trabajo con apoyo interdisciplinario, es decir que requiere hacer reuniones informativas obligatorias basadas en la implementación de un plan de trabajo organizado y consecutivo, con una estimación donde se contemplan posibles conflictos a lo largo del proyecto generando espacios para así solucionar conflictos en un grupo de trabajo especializado.

El diagnostico interno género el fortalecimiento de los campos de implementación como:

- ❖ Un campo de apertura para la integración del estudio y diseño eléctrico de circuitos de alimentación de protección catódica y diseño electrónico para el monitoreo de esta protección.

- ❖ Aplicar IT (Information Technologies), esta nueva tecnología se basa en tecnologías en información que permiten crear estructuras y planificaciones en mantenimientos de equipos.
- ❖ El fortalecimiento de la empresa en el sector capacitación hace necesario la conexión de la empresa con la academia y diferentes instituciones de carácter educativo y empresarial del país ofreciendo una cobertura educativa enfocada en capacitación dirigida para mejorar la tecnología, promover el avance profesional y fomentar la búsqueda de intereses personales. Actualmente algunas empresas del sector han desarrollado estrategias de capacitación a la comunidad en general como nuevo campo de implementación integrando de manera eficaz la academia y mejorando así los niveles de competitividad de la empresa y usándola como estrategia de mercadeo.

3.4. PLATAFORMA TECNOLÓGICA Y CIENTÍFICA BAJO UN CMS (SISTEMA DE ADMINISTRACION DE CONTENIDOS)

La implementación de **CMS** para la administración de los contenidos dejara como beneficios a la empresa:

Mejoras en Productividad	Está diseñado para que los propios dueños de la información sean los encargados de la administración de sus propios contenidos.
Mejoras en la Eficiencia	Permite la reutilización eficiente de los contenidos (textos y multimedia) publicados en el sitio web.
Uso Eficiente del Tiempo	Permite actualizar la información publicada en tiempo real, sin demoras, o bien programar fechas para la puesta al aire y

bajada de los contenidos ingresados.

Administración Organizada Permite Definir usuarios de contenidos, y asignarles perfiles de función y asignarles secciones de contenido específicas para que cada quien se encargue de una parte de Web.

Por lo cual se estableció crear la plataforma tecnológica y científica bajo la creación de un entorno interactivo basado en los beneficios que pueden satisfacer a corto y a largo plazo a la empresa. Este documento contiene la definición de la parte tecnológica de la plataforma, para que sea manejada en un servidor.

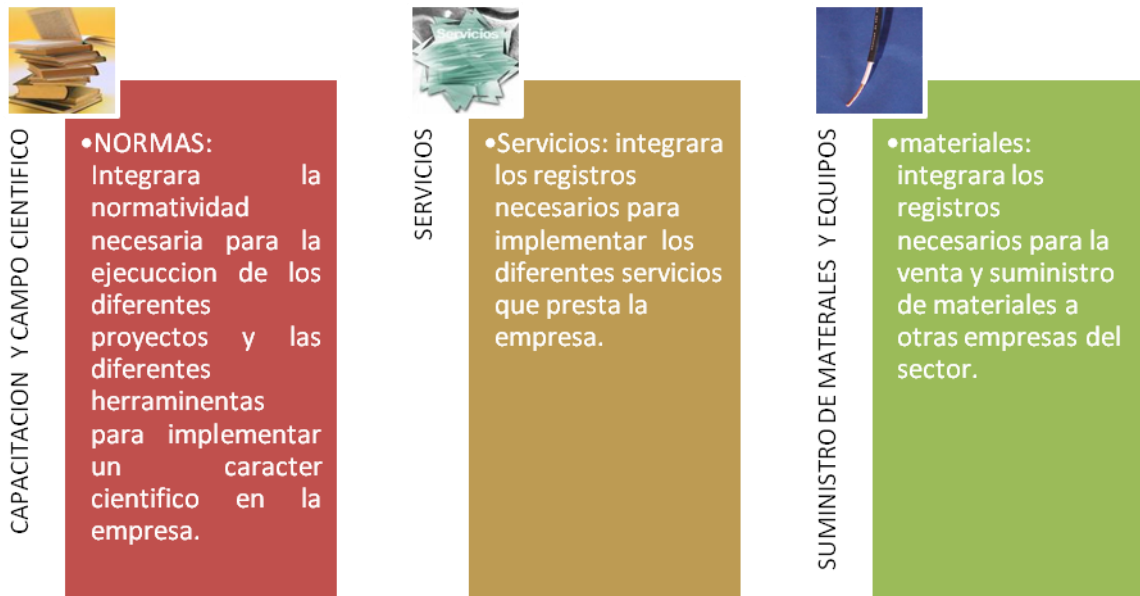
Partiendo del estudio del benchmarking y la estructura de negocios se integro dos campos de aplicación de la empresa y un campo administrativo al sistema de administración de contenidos (CMS) como campos principales. Los campos son los siguientes (ver figura 15 y figura 16)

Figura 15. Campos principales A.



También se vio la necesidad de integrar otros campos como:

Figura 16. Campos principales B.



Partiendo de la implementación de una plataforma tecnológica basada en los diferentes campos de aplicación de la empresa se constituirá un campo científico basado en cada uno de ellos.

Afianzando el carácter científico en cada uno los campos especificados a lo largo de las diferentes implementaciones de la empresa con la industria o con la misma academia.

Un punto muy importante generado como punto crítico de mejora es afianzar la relación empresa-academia para fortalecer el carácter científico y así poder ofrecer nuevos recursos tecnológicos al servicio de la industria de nuestro país.

3.4.1 Sistema de Administración de Contenidos – INSERCOR LTDA. La implementación de este sistema ayudara al aseguramiento de los datos de la

empresa por lo cual se genero principalmente filtros de información para los distintos campos definidos anteriormente.

Se descargo el software Joomla!, y se aseguro que el servidor web, o servicio de hosting, cumple los requisitos mínimos para utilizar Joomla!.los cuales son:

- ❖ PHP 4.2.x o superior
- ❖ MySQL 3.23.x o superior
- ❖ Apache 1.13.19 o superior

Se procedió a la instalación del paquete de servicios ofrecidos por Joomla! Usando los siguientes pasos:

I. Comprobación de pre-instalación.

Figura 17. Pre-instalación



En esta página de pre-instalación se hace un diagnóstico si posee o no los soportes necesarios para la implementación de Joomla, también se verifica la versión de instalación y la verificación de los ajustes PHP (lenguaje interpretado de propósito general ampliamente usado) y finalmente certifica los permisos de los directorios y Archivos.

II. Verificación de la licencia.

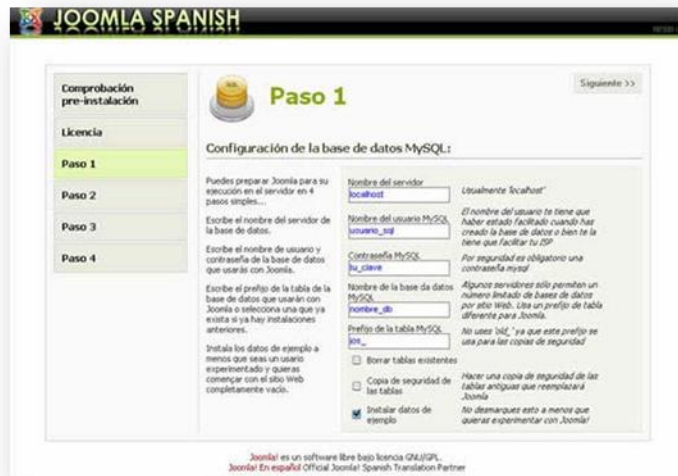
Figura 18.Licencia.



Acuerdo con los términos de la licencia se acepta y se procede a ejecutar los diferentes pasos.

III. Paso 1.

Figura 19.Paso 1.



Se introduce la configuración de la base de datos en MySQL integrando los datos de nombre de servidor, nombre del usuario, contraseña, nombre de la base de datos.

IV. Paso 2.

Se introduce el nombre de la pagina web Joomla.

Figura 20.Paso 2.



V. Paso 3.
Figura 21.Paso 3.



Se confirmara el directorio de instalación, la URL, el correo electrónico y la contraseña del administrador.

VI. Paso 4.
Figura 22.Paso 4.



Se registra el nombre del usuario y contraseña.

➤ Ciclo de desarrollo de la CMS. Para implementar este tipo de ciclo es necesario a ingresar al administrador del sistema el cual fue definido anteriormente.

Inicialmente se hace la apertura al sistema CMS para integrar los diferentes formatos requisitos de la plataforma e ir dando prioridades a campos de la empresa esta apertura está dado bajo un administrador y clave.

Nombre del usuario: admin

Contraseña:*****

Figura 23. Acceso a la administración de Joomla.



Posterior se entra a la página de gestores de contenidos principal donde se darán o se integraran los diferentes campos requeridos en la plataforma.

Figura 24. Página principal de Gestores de contenidos.



Se procedió a la creación de los diferentes usuarios, esta creación se basó en la estructura base de negocios definida en el benchmarking.

Figura 25. Página principal de Gestores de usuarios.

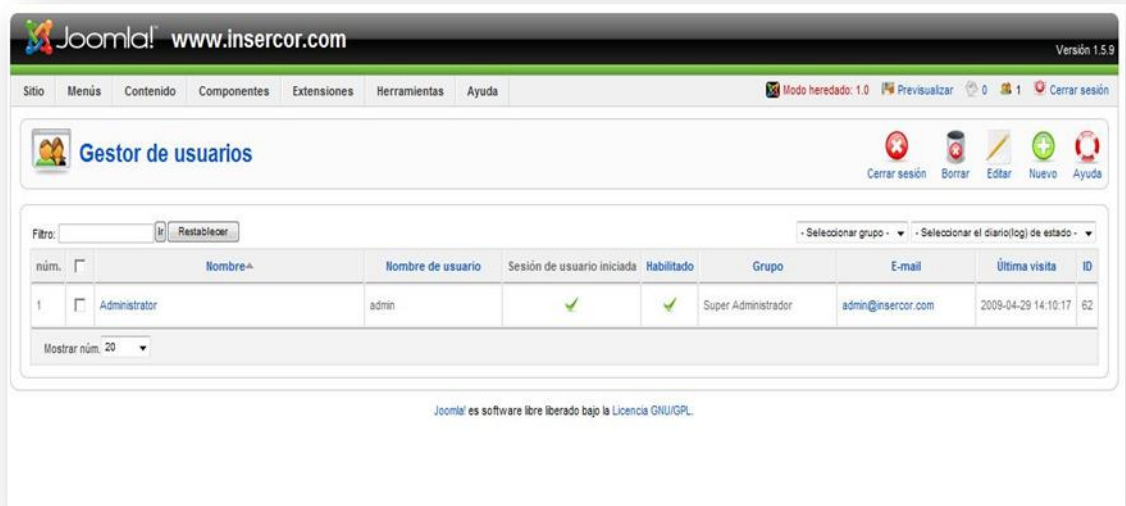


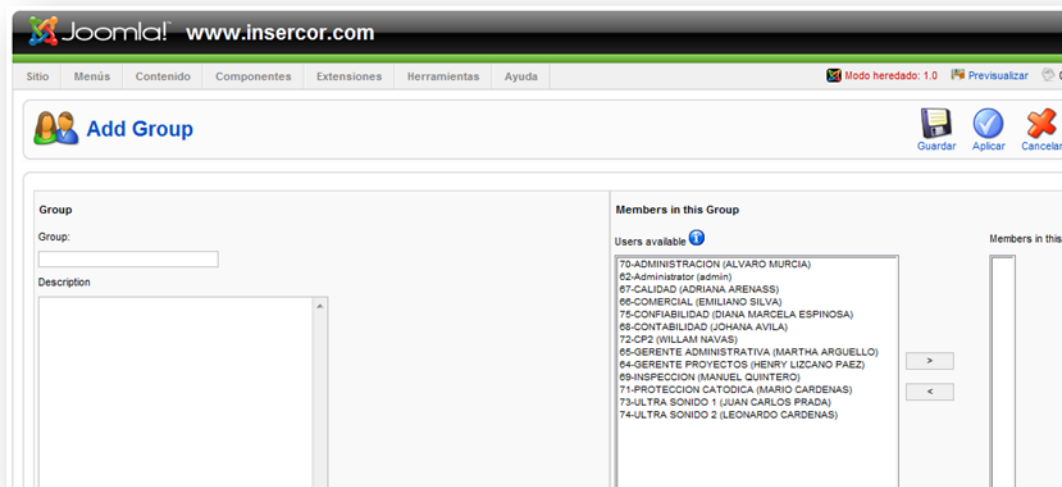
Figura 26. Página listado de usuarios.

núm.	<input type="checkbox"/>	Nombre ▲	Nombre de usuario	Sesión de usuario iniciada	Habilitado	Grupo
1	<input type="checkbox"/>	ADMINISTRACION	ALVARO MURCIA		✓	Registrado
2	<input type="checkbox"/>	Administrator	admin	✓	✓	Super Administrador
3	<input type="checkbox"/>	CALIDAD	ADRIANA ARENASS		✓	Registrado
4	<input type="checkbox"/>	COMERCIAL	EMILIANO SILVA		✓	Registrado
5	<input type="checkbox"/>	CONFIABILIDAD	DIANA MARCELA ESPINOSA		✓	Registrado
6	<input type="checkbox"/>	CONTABILIDAD	JOHANA AVILA		✓	Registrado
7	<input type="checkbox"/>	CP2	WILLAM NAVAS		✓	Registrado
8	<input type="checkbox"/>	GERENTE ADMINISTRATIVA	MARTHA ARGUELLO		✓	Registrado

Al implementar en la plataforma los diferentes usuarios se asigno un correo con dominio y un login para satisfacer los filtros para la protección de la información.

Posteriormente se generaron los diferentes grupos de trabajos implementados en la plataforma para reorganizar los usuarios y las limitaciones en información.

Figura 27. Página administrador de grupos.



Para implementar los diferentes grupos se selecciono su nombre y el tipo de

servicios y técnicas que la integra, constituyéndolo con el personal que desarrollara labores en esa área.

Figura 28. Grupos asignados.



Se integro al sistema de contenidos los documentos propios para el soporte técnico y empresarial de la empresa Insercor Ltda.

Figura 29. Gestor de documentos.

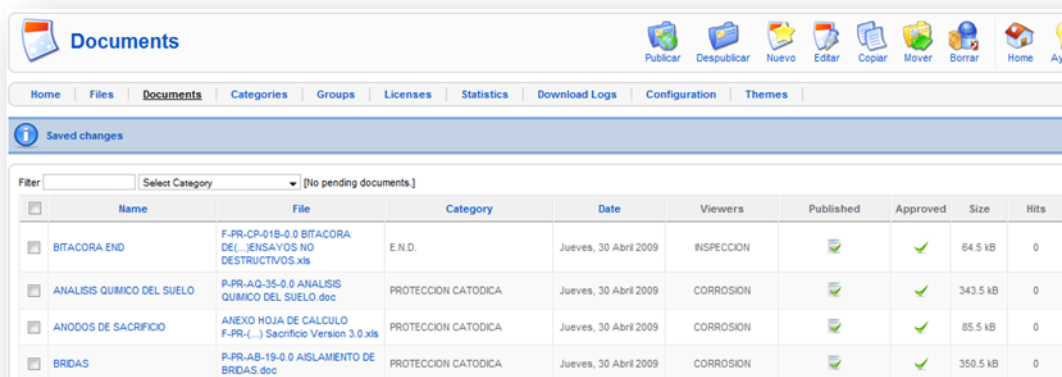


Figura 30. Adicionar documento.

Add Document

Document Information

Name: REPORTE DE INSPECCION VISUAL

Category: INSPECCION DE EQUIPOS

Approved: No Si

Published: No Si

Description:

Guardar Aplicar Cancelar Ayuda Donar

Se gestionaron los diferentes módulos de información a partir de un lenguaje en HTML el cual me confirió características al iniciar el CMS

Figura 31. modulos de información.

Módulo: [Editar]

Guardar Aplicar Cerrar Ayuda

Detalles

Tipo de módulo: mod_custom

Título: NUESTROS CLIENTES

Mostrar título: No Si

Habilitado: No Si

Posición: user1

Ordenar: 0 newflash

Nivel de acceso: Registrado

ID: 78

Descripción: Este módulo permite que crees tu propio módulo usando HTML, en un editor WYSIWYG

Parámetros

Parámetros del módulo

Sufijo de la clase del módulo: eqptre

Asignación de menú

Menú: Todo Ninguno Selecciona item(s) del menú desde la lista

Selección de menú:

- Seleccionar
- Visión y Visión
- Calidad
- Crear de Documentos

Salida personalizada

```
[feature lang="images/stories/demo/user1.jpg" url="*" label="Listen" title="EGGRETROL" readon="Read More"];/feature]
[feature lang="images/stories/demo/user1.jpg" url="*" label="Losa" title="phpBB Styles Club" readon="Read More"]Our new and complimentary club, the phpBB Styles Club has a repository of ported replicas of our popular Joomla themes that are designed to function with the phpBB forum system./feature]
[feature lang="images/stories/demo/user1.jpg" url="*" label="Lead" title="SoclesHere" readon="Read More"]This is currently an external affiliate of ours which provides excellent products from Rollow, Roll2LidkHow to Rollridge (the component linking both Joomla and phpBB) ./feature]
```

Las diferentes visualizaciones de la plataforma se pueden visualizar en ver anexo M.

4. CONCLUSIONES.

El trabajo realizado durante la práctica industrial, genera una serie de conclusiones, acorde a cada campo de acción: conclusiones técnicas del trabajo en campo, conclusiones del benchmarking y conclusiones sobre la plataforma Tecnológica:

Conclusiones Técnicas:

- ❖ La escogencia de un buen sistema de protección catódica depende de las facilidades técnicas, económicas que se presente en cada caso.
- ❖ El diseño de protección catódica por corriente impresa permite proteger estructuras con grandes superficies y puede ser valorada en terrenos de alta resistividad.
- ❖ La importancia de los diferentes criterios de un ingeniero experimentado en diseños de protección catódica determinara la funcionalidad y la elaboración del diseño de protección catódica.
- ❖ Los datos de resistividad de suelos arrojados en dos muestreos fueron variables debido a que fueron tomados en diferentes fechas las cuales variaban de la precipitación de lluvia por lo cual se sugirió escoger las de mayor representación en el diseño de protección catódica debido a que la zona se encuentra en una zona de poca precipitación de agua.

- ❖ La implementación de nuevos diseños de protección catódica como la malla grid a estructuras que no han sido construidas evitan las excavaciones ni tendido de cables alrededor del tanque.
- ❖ Los sistemas de protección catódica por corriente impresa tienen una vida de diseño larga y implementan un menor número de ánodos con relación a otros tipos de diseños de protección catódica.
- ❖ Se aporta una tabla en hoja de cálculo para inspección de balas de GLP la cual fue integrada a los formatos de calidad de la empresa Insercor Ltda.(Ver anexo N).
- ❖ Se aporta un procedimiento en una hoja de cálculo que permite determinar la resistividad Barnes la cual fue integrada a los formatos de calidad de la empresa Insercor Ltda.
- ❖ Se aporta la hoja de cálculo de las dimensiones de la malla grid a los formatos de calidad de la empresa Insercor Ltda (ver anexo Ñ).

Conclusiones benchmarking:

- ❖ Se detectó la falta de un programa de capacitación o inducción a personal nuevo en la empresa, en el momento de la culminación del proceso de práctica empresarial se implementó un programa de capacitación basado en HSE el cual fue requerido para la implementación del RUT.

- ❖ Se detecto la falta de la implementación de un procedimiento de resolución de conflictos para mejorar la interacción de todo el personal de Insercor Ltda.
- ❖ Se generaron nuevos campos de implementación en la empresa para mejorar la competitividad de la empresa
- ❖ Tanto los puntos críticos de mejora y el fortalecimiento de los campos generados por este estudio en benchmarking requieren un estudio minucioso por parte de la gerencia comercial, administrativa y técnica para la aprobación y ejecución de las mejoras integrándolas a la política de calidad de la empresa Insercor Ltda.

Conclusiones sobre plataforma tecnológica:

- ❖ La implementación de nuevas tecnologías basada en una plataforma interactiva fortalecerá la empresa en un ámbito cada día más competitivo.
- ❖ La empresa requiere de una asesoría para implementar un acuerdo de confidencialidad para el aseguramiento de procedimientos y datos propios de los diferentes estudios que hace la empresa a la industria en general.
- ❖ La plataforma se genero debido a la necesidad de ser implementado por lo cual se requiere de un estudio minucioso para su mejoramiento y posterior implementación en la empresa para así integrarla de manera correcta con el sistema de gestión.

BIBLIOGRAFIA

A.W. Pedaboy. control of pipeline corrosion . 2 ed. Texas: NACE ,2001.347 p.

NACE. International. manual del curso CP2- cathodic protection Technician ,2008. 319p.

DENNY A. Jones. Principles and prevention of corrosion. 2 ed. Nevada: Prentice Hall, 1996.572 p.

ROCHA GONZALEZ, Daniel Armando. Diseño y montaje de un sistema de protección catódica por corriente impresa, para evaluación de terrenos de coque metalúrgico, utilizado en camas anódicas. Bucaramanga. Facultad Fisico-Quimica. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales.2006.139p.

SARMIENTO MUTIS. Luis Eduardo y Osorio Perez,Gabriel. Estudio y construcción de un sistema de protección catódica por corriente impresa. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander, Facultad Fisico-Mecanica. Escuela de eléctrica y electrónica .1982. 157p.

CASTILLO ESTUPIÑAN. Jorge Eliecer y Lozano Jaimes, Jorge Ludwing. Diseño de sistemas de protección catódica para tuberías y tanques de almacenamiento de agua. Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisico-Quimica. Escuela de Ingeniería Química.1976. 104 p.

HAIR, Joseph F. Investigación en mercados. 2ed. Puebla: Mc Graw Hill, 2004. 715 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.
Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. Sexta actualización.
Bogotá : INCONTEC, 2008 110p.

JOOMLA. Manual del usuario de Joomla! Ver 1.0.x .2006.196 p.

AGUIRRRE, Miguel Ángel. la dirección revolucionaria. Preguntas que todo directivo debería formularse para ejercer una dirección eficaz. En: Benchmarking .2005.7 p.1-7.

CONICYT. Plataformas Tecnológicas Europeas. Programa Unión Europea.
2006.22 p

EAS, Euro Attractions Show. Benchmarking: ¿Cómo se compara su empresa con otras de la industria. Suiza .2006.12p.

WALTON, Wilson .Principios sobre corrosión y Protección catódica .Barcelona:
Grupo Afnor.2004.9 p.

FRANCIA ROSARIO, Samuel. Protección catódica-diseño de ánodos de sacrificio. En: revista del instituto de investigación FIGMMG.2004, vol 7.nº13,p 33-47.


Carta petrolera 119[en línea]. Ecopetrol.[consultado 13 de diciembre de 2008]. Disponible en internet: http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera119/rev_refinacion.htm.

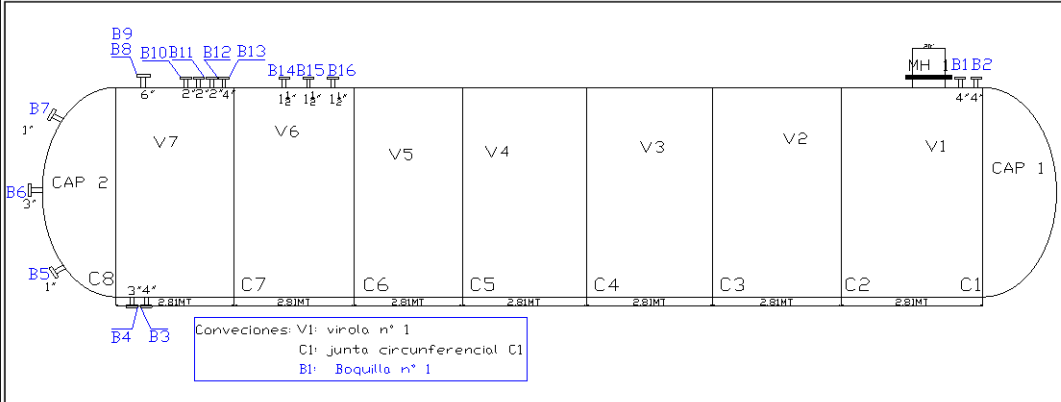
La creación de una plataforma informática segura se ha convertido en una necesidad [en línea]. Fernando Martín [consultado 26 de enero de 2009]. Disponible en internet: http://www.belt.es/noticias/2004/mayo/6/creacion_plataforma.htm

Impressed Current Anodes for cathodic Protection. [en línea]. Protection Farwest Corrosion Control Company [consultado 12 de noviembre de 2008]. Disponible en internet: <http://www.farwst.com/fwst/anodimpr.htm>

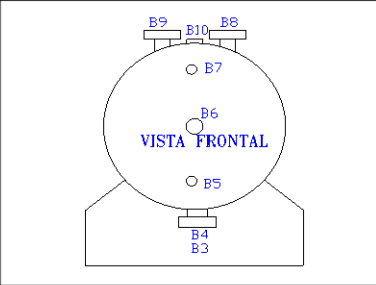
ANEXOS.

Anexo A. Reporte de medición de durezas.



 Znsercor Ltda <small>Ingeniería, Servicios & Corrosión</small>	REPORTE DE MEDICIÓN DE DUREZAS	CLIENTE				
	F-PR-DR-07-1.0	APROBA:	03/04/2007			
		PÁGINA	1 DE 1			
INFORME No.	ITA-DR-017					
PROYECTO	SERVICIO DE INSPECCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESION DE PROPILENO GRADO REFINERÍA					
EQUIPO	BALA 1					
SECCIONES INSPECCIONADAS	LAMIN Y ZONA HAZ					
SOLDADURA - TIPO DE JUNTA	SMAW, EN FILETE					
MATERIAL	Acero SA 285 Gr A (Asumido)					
PRUEBA EJECUTADA SEGÚN CÓDIGO	PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	LIMPIEZA MECÁNICA				
ASME SECC	V, VIII	TEMPERATURA SUPERFICIE (°C / °F)	AMBIENTE			
AWS	N.A	ESTADO DE SUPERFICIE:	LAMINA			
OTROS	ASTM A 612, ASTM E 140	EQUIPO MEDICION	HARTIP 1500			
ESCALA :	BRINELL	TOLERANCIA MEDIDAS				
Identificación Elementos	MEDICIONES					NOTAS
	3	6	9	12	PROMEDIO	
BOQUILLA 2	213	231	216	235	223,8	1
BOQUILLA 5	188	199	168	171	181,5	2
BOQUILLA 6	158	163	189	197	176,8	2
BOQUILLA 7	213	225	172	166	194,0	2
BOQUILLA 8	218	153	183	154	177,0	3




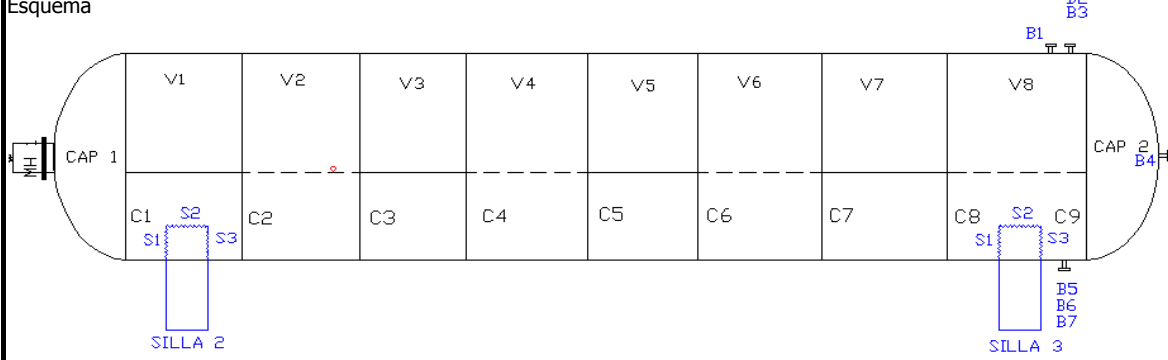

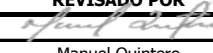
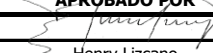
Convecciones: VI: virola n° 1
 CI: junta circunferencial C1
 BI: Boquilla n° 1




VISTA FRONTAL

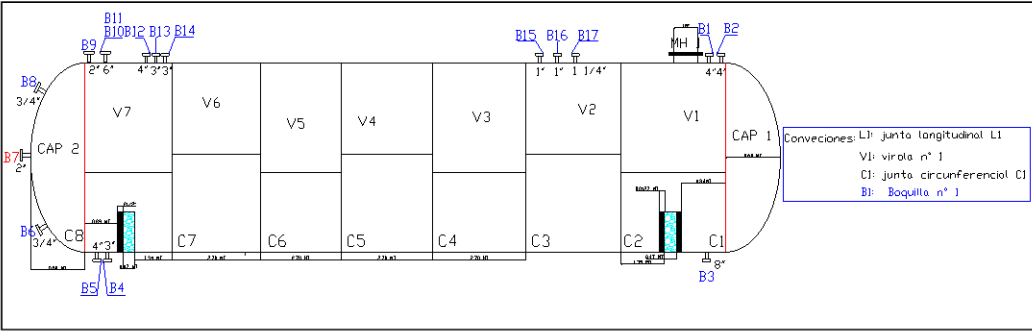
OBSERVACIONES: 1.Boquillas ubicadas en virola n°1,2.Boquillas ubicadas en virola n° 7,3.Boquillas ubicadas en cap n°2		
EJECUTADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
FIRMA 		
NOMBRE JOSE LUIS TIZCANO	MANUEL QUINTERO	
CARGO ING. APRENDIZ	INGENIERO INSPECTOR	
FECHA 26 DE AGOSTO DE 2008	26 DE SEPTIEMBRE DE 2008	

Anexo B. Reporte Líquidos Penetrantes.

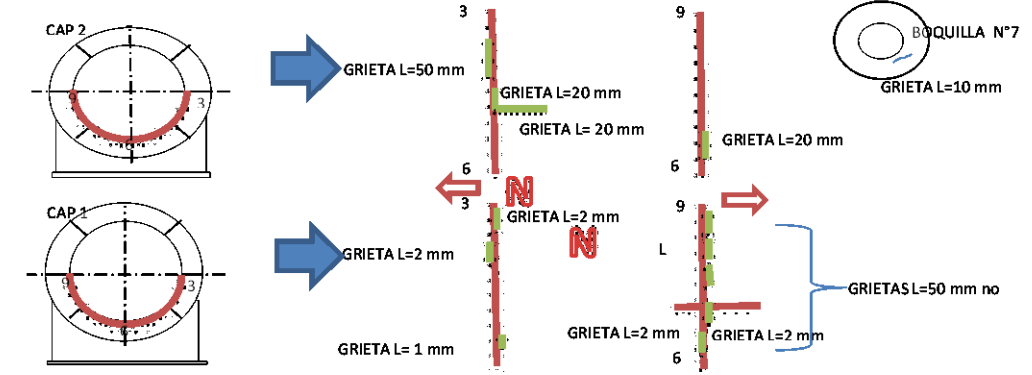
 Znsercor Ltda <small>Ingeniería, Servicios & Corrosión</small>	REPORTE DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES	CLIENTE							
		FECHA	03/04/2007						
	F-PR-PT-05-0.0	PÁGINA	2 de 2						
INFORME No.		ITA-PT-041							
PROYECTO SERVICIO DE INSPECCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESIÓN DE PROPILENO GRADO REFINERÍA									
EQUIPO BALA 2									
SECCIONES INSPECCIONADAS SOLDADURAS BOQUILLAS									
SOLDADURA - TIPO DE JUNTA A FILETE									
MATERIAL Acero SA 212 Gr B									
PRUEBA EJECUTADA SEGÚN CÓDIGO		PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Grata mecánica							
ASME SECC	V Artículo 6	TEMPERATURA SUPERFICIE (°C / °F)	Ambiente						
AWS	N.A.	ESTADO DE SUPERFICIE: Cordón de Soldadura							
OTROS	ASTM E 165 ASTM - E 165								
LIMPIADOR MARCA	Magnaflux	ESPEC.	SKC-S LOTE No 21880						
PENETRANTE MARCA	Magnaflux	ESPEC.	ZL-27A LOTE No 00399						
REVELADOR MARCA	Magnaflux	ESPEC.	SKD-S2 LOTE No 03617						
TIEMPO DE PENETRACIÓN (min)	10-15	REMOCIÓN	Trapo humedecido con cleaner						
TIEMPO DE REVELADO (min)	5-10	REMOCIÓN	Trapo						
Identificación Elementos	Tipo de indicación	Longitud (mm)	APROBADO SI/NO		NOTA				
			SI	NO					
Boquilla N7 (S3)	Grieta / Socavadura			X	5				
Boquilla MH (S3)	Porosidad agrupada y asilada / Socavaduras		x		2				
Esquema									
									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">V1: viruta n° 1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">C1: Junta circunferencial C1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">B1: Boquilla n° 1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">S: Soldadura</td> </tr> </table>						V1: viruta n° 1	C1: Junta circunferencial C1	B1: Boquilla n° 1	S: Soldadura
V1: viruta n° 1									
C1: Junta circunferencial C1									
B1: Boquilla n° 1									
S: Soldadura									
NOTAS:									
1. No presena ningun tipo de indicación.									
2. Indicaciones no rlevenate.									
5. Se enontro grieta transversal de 300 mm de longitud sentido sur.									
	EJECUTADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR						
FIRMA									
NOMBRE	José Luis Lizcano	Manuel Quintero	Henry Lizcano						
CARGO	Ingeniero Inspector Nivel II PT/MT	Ingeniero Inspector	Inspector Master						
FECHA	24 DE SEPTIEMBRE DE 2008	23 DE OCTUBRE DE 2008	23 DE OCTUBRE DE 2008						

Anexo C. Reporte de Inspección por Partículas Magnéticas.

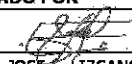
	REPORTE DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS		CLIENTE:		
	F-PR-MT-06-1.0		FECHA APROB:	03/04/2007	
			PAGINA	1 DE 3	
INFORME No.	ITA-MT-010				
PROYECTO	SERVICIO DE INSPECCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESIÓN DE PROPILENO GRADO REFINERÍA				
EQUIPO	BALA 3				
SECCIONES INSPECCIONADAS	BOQUILLAS N1,N2,N4,N5,N8,N9,N11,N14,N15,N16,N17 Y SOLDADURA CIRCUNFERENCIAL CAP 1, CAP 2 Y C4				
SOLDADURA - TIPO DE JUNTA	FILETE				
MATERIAL	Acero SA-285 Gr.A (Asumido)				
PRUEBA EJECUTADA SEGÚN CÓDIGO	PREPARACIÓN DE SUPERFICIE		Grata mecanica		
ASME SECC	V Artículo 7	TEMPERATURA SUPERFICIE (°C / °F)		Ambiente	
OTROS	ASTM E 709	ESTADO DE SUPERFICIE:		Cordon de soldadura	
MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN	YUGO	Partículas Tipo:		HUMEDAS FLUORESCENTES	
CORRIENTE - MAGNETIZACIÓN	5 AMP	Marca/Lote:		MAGNAFLUX 20B/01-01-9-57	
MAGNETISMO RESIDUAL	0 GAUSS				
Identificación Elementos	Tipo de indicación	Longitud (mm)	APROBADO SI/NO		NOTA
			SI	NO	
BOQUILLA N°7	Grieta	10		X	-
CIRCUNFERENCIAL CAP2(3-6)	Grieta	50		X	-
CIRCUNFERENCIAL CAP2(3-6)	Grieta	20		X	-
CIRCUNFERENCIAL CAP2(3-6)	Grieta	20		X	-
CIRCUNFERENCIAL CAP2(9-6)	Grieta	20		X	-




Convecciones: L1: junta longitudinal L1
V1: volute n° 1
C1: junta circunferencial C1
B1: Boquilla n° 1

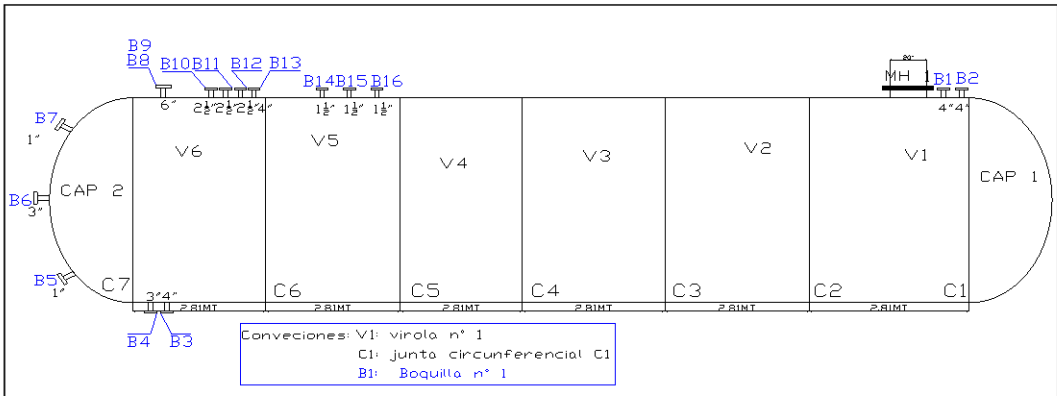


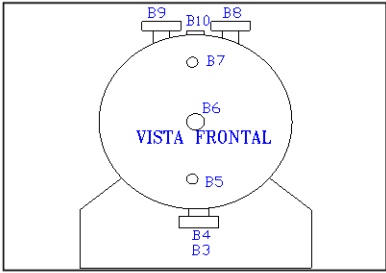
GRIETA L=50 mm
GRIETA L=20 mm
GRIETA L=20 mm
GRIETA L=20 mm
GRIETA L=20 mm
GRIETA L=2 mm
GRIETA L=2 mm
GRIETA L=2 mm
GRIETA L=2 mm
GRIETA L=2 mm
GRIETA L=1 mm
GRIETAS L=50 mm no
BOQUILLA N°7
GRIETA L=10 mm



EJECUTADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
FIRMA 		
NOMBRE JOSE L. LIZCANO	HENRY LIZCANO	
CARGO NIVEL II-MT-LP	INSPECTOR MASTER	
FECHA 04/09/2008		

Anexo D. Registro de Medición de Espesores por Ultrasonido.

	REGISTRO DE MEDICIÓN DE ESPESORES POR ULTRASONIDO				CLIENTE:			
					APROBA:	03/04/2007		
	F-PR-UE-09-1.0				PÁGINA:	1 DE 4		
INFORME No.:	ITA-UE-087							
PROYECTO:	SERVICIO DE INSPECCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESIÓN DE PROPILENO GRADO REFINERÍA							
EQUIPO:	BALA 1 BOQUILLAS							
Material :	Acero SA-285 Gr.A (Asumido)							
Proceso de Fabricación :	Extrusión y Soldadura (SMAW)							
Segun Codigo, Norma, Secc No :	ASTM E 797, ASME SECCION V ART 4, ASME SECCION VIII DIV 1, API 510							
Equipo de Inspección:	DAKOTA MVX SCAN A/B							
Palpadores:	5 MHz - 0,250" DUAL							
Velocidad Lineal:0.2320 in / μ s	Medidas en PULGADAS			Precision:0,001				
BOQUILLA	PUNTO				ESTADISTICA	SCH		Observaciones
	1	2	3	4				
1(Φ 4")	0,370	0,353	0,322	0,301	Valor mín:	0,301	0,337	80
2(Φ 4")	0,312	0,355	0,347	0,376	Valor mín:	0,312	0,337	80
3(Φ 4")	0,302	0,313	0,322	0,320	Valor mín:	0,302	0,337	80
4(Φ 3")	0,321	0,376	0,358	0,338	Valor mín:	0,321	0,300	80





	EJECUTADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
FIRMA			
NOMBRE	JUAN C. PRADA	MANUEL QUINTERO	
CARGO	ING. APRENDIZ	NIVEL II UT	
FECHA	18/09/2008	03/10/2008	

Anexo E. Norma API 574.

Table 1 — Nominal Pipe Sizes, Schedules, Weight Classes, and Dimensions of Steel Pipe

Pipe Size (NPS)	Actual O.D., Inches	SCH.	WGT. Class	Approx. I.D. Inches	Nominal thickness, Inches
1/8	0.405	40	STD	0.269	0.068
		80	XS	0.215	0.095
1/4	0.540	40	STD	0.364	0.088
		80	XS	0.302	0.119
3/8	0.675	40	STD	0.493	0.091
		80	XS	0.423	0.126
1/2	0.840	40	STD	0.622	0.109
		80	XS	0.546	0.147
		160		0.464	0.188
		—	XXS	0.252	0.294
3/4	1.050	40	STD	0.824	0.113
		80	XS	0.742	0.154
		160		0.612	0.219
		—	XXS	0.434	0.308
1	1.315	40	STD	1.049	0.133
		80	XS	0.957	0.179
		160		0.815	0.250
		—	XXS	0.599	0.358
1 1/4	1.660	40	STD	1.380	0.140
		80	XS	1.278	0.191
		160		1.160	0.250
		—	XXS	0.896	0.382
1 1/2	1.900	40	STD	1.610	0.145
		80	XS	1.500	0.200
		160		1.338	0.281
		—	XXS	1.100	0.400
2	2.375	40	STD	2.067	0.154
		80	XS	1.939	0.218
		160		1.687	0.344
		—	XXS	1.503	0.436
2 1/2	2.875	40	STD	2.469	0.203
		80	XS	2.323	0.276
		160		2.125	0.375
		—	XXS	1.771	0.552
3	3.500	40	STD	3.068	0.216
		80	XS	2.900	0.300
		160		2.624	0.438
		—	XXS	2.300	0.600
3 1/2	4.000	40	STD	3.548	0.226
		80	XS	3.364	0.318
		—	XXS	2.728	0.636
4	4.500	40	STD	4.026	0.237
		80	XS	3.826	0.337
		120		3.624	0.438
		160		3.438	0.531
		—	XXS	3.152	0.674
5	5.563	40	STD	5.047	0.258
		80	XS	4.813	0.375
		120		4.563	0.500
		160		4.313	0.625
		—	XXS	4.063	0.750


Table 1 — Nominal Pipe Sizes, Schedules, Weight Classes, and Dimensions of Steel Pipe (cont'd)

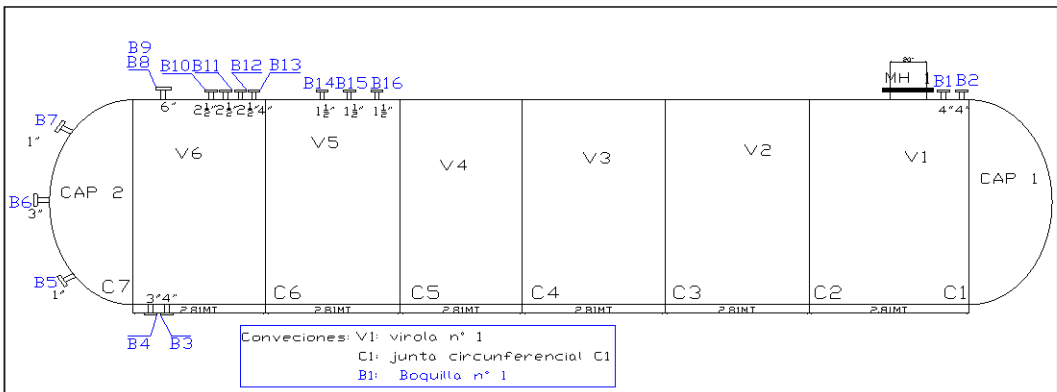
Pipe Size (NPS)	Actual O.D., Inches	SCH.	WGT. Class	Approx. I.D. Inches	Nominal thickness, Inches
6	6.625	40	STD	6.065	0.280
		80	XS	5.761	0.432
		120		5.501	0.562
		160		5.187	0.719
		-	XXS	4.897	0.864
8	8.625	20		8.125	0.250
		30		8.071	0.277
		40	STD	7.981	0.322
		60		7.813	0.406
		80	XS	7.625	0.500
		100		7.437	0.594
		120		7.187	0.719
		140		7.001	0.812
		-	XXS	6.875	0.875
		160		6.813	0.906
10	10.75	20		10.250	0.250
		30		10.136	0.307
		40	STD	10.020	0.365
		60	XS	9.750	0.500
		80		9.562	0.594
		100		9.312	0.719
		120		9.062	0.844
		140		8.750	1.000
		160		8.500	1.125
		12	12.750	20	
30				12.090	0.330
-	STD			12.000	0.375
40				11.938	0.406
-	XS			11.750	0.500
60				11.626	0.562
80				11.374	0.688
100				11.062	0.844
120				10.750	1.000
140				10.500	1.125
14	14.000	10		13.500	0.250
		20		13.376	0.312
		30	STD	13.250	0.375
		40		13.124	0.438
		-	XS	13.000	0.500
		60		12.812	0.594
		80		12.500	0.750
		100		12.124	0.938
		120		11.812	1.094
		140		11.500	1.125
160		11.188	1.406		

Table 1 — Nominal Pipe Sizes, Schedules, Weight Classes, and Dimensions of Steel Pipe (cont'd)

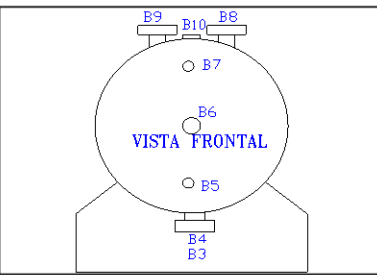
Pipe Size (NPS)	Actual O.D., Inches	SCH	WGT. Class	Approx. I.D. Inches	Nominal thickness, Inches
16	16.000	10	STD XS	15.500	0.250
		20		15.376	0.312
		30		15.250	0.375
		40		15.000	0.500
		60		14.688	0.656
		80		14.312	0.844
		100		13.938	1.031
		120		13.562	1.219
		140		13.124	1.438
18	18.000	10	STD XS	17.500	0.250
		20		17.376	0.312
		-		17.250	0.375
		30		17.124	0.438
		-		17.000	0.500
		40		16.876	0.562
		60		16.500	0.750
		80		16.124	0.938
		100		15.688	1.156
20	20.000	10	STD XS	19.500	0.250
		20		19.250	0.375
		30		19.000	0.500
		40		18.812	0.594
		60		18.376	0.812
		80		17.938	1.031
		100		17.438	1.281
		120		17.000	1.500
		140		16.500	1.750
22	22.000	10	STD XS	21.500	0.250
		20		21.250	0.375
		30		21.000	0.500
		60		20.250	0.875
		80		19.750	1.125
		100		19.250	1.375
		120		18.750	1.625
		140		18.250	1.875
		160		17.750	2.125
24	24.000	10	STD XS	23.500	0.250
		20		23.250	0.375
		-		23.000	0.500
		30		22.876	0.562
		40		22.624	0.688
		60		22.062	0.969
		80		21.562	1.219
		100		20.938	1.531
		120		20.376	1.812
140	19.876	140		19.876	2.062
		140		19.876	2.062
		140		19.876	2.062
160	19.312	160		19.312	2.344
		160		19.312	2.344
		160		19.312	2.344

Anexo F. Espesores de laminación bala 1.



	REGISTRO DE MEDICIÓN DE ESPESORES POR ULTRASONIDO				CLIENTE:			
					APROBA:	03/04/2007		
	F-PR-UE-09-1.0				PÁGINA:	1 DE 4		
INFORME No.:	ITA-UE-087							
PROYECTO:	SERVICIO DE INSPECCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A PRESIÓN DE PROPILENO GRADO REFINERÍA							
EQUIPO:	BALA 1 BOQUILLAS							
Material :	Acero SA-285 Gr.A (Asumido)							
Proceso de Fabricación :	Extrusión y Soldadura (SMAW)							
Segun Codigo, Norma, Secc No :	ASTM E 797, ASME SECCION V ART 4, ASME SECCION VIII DIV 1, API 510							
Equipo de Inspección:	DAKOTA MVX SCAN A/B							
Palpadores:	5 MHz - 0,250" DUAL							
Velocidad Lineal:0.2320 in / μ s	Medidas en PULGADAS				Precision:0,001			
BOQUILLA	PUNTO				ESTADISTICA	SCH		Observaciones
	1	2	3	4				
1(Φ 4")	0,370	0,353	0,322	0,301	Valor mín:	0,301	0,337	80
2(Φ 4")	0,312	0,355	0,347	0,376	Valor mín:	0,312	0,337	80
3(Φ 4")	0,302	0,313	0,322	0,320	Valor mín:	0,302	0,337	80
4(Φ 3")	0,321	0,376	0,358	0,338	Valor mín:	0,321	0,300	80



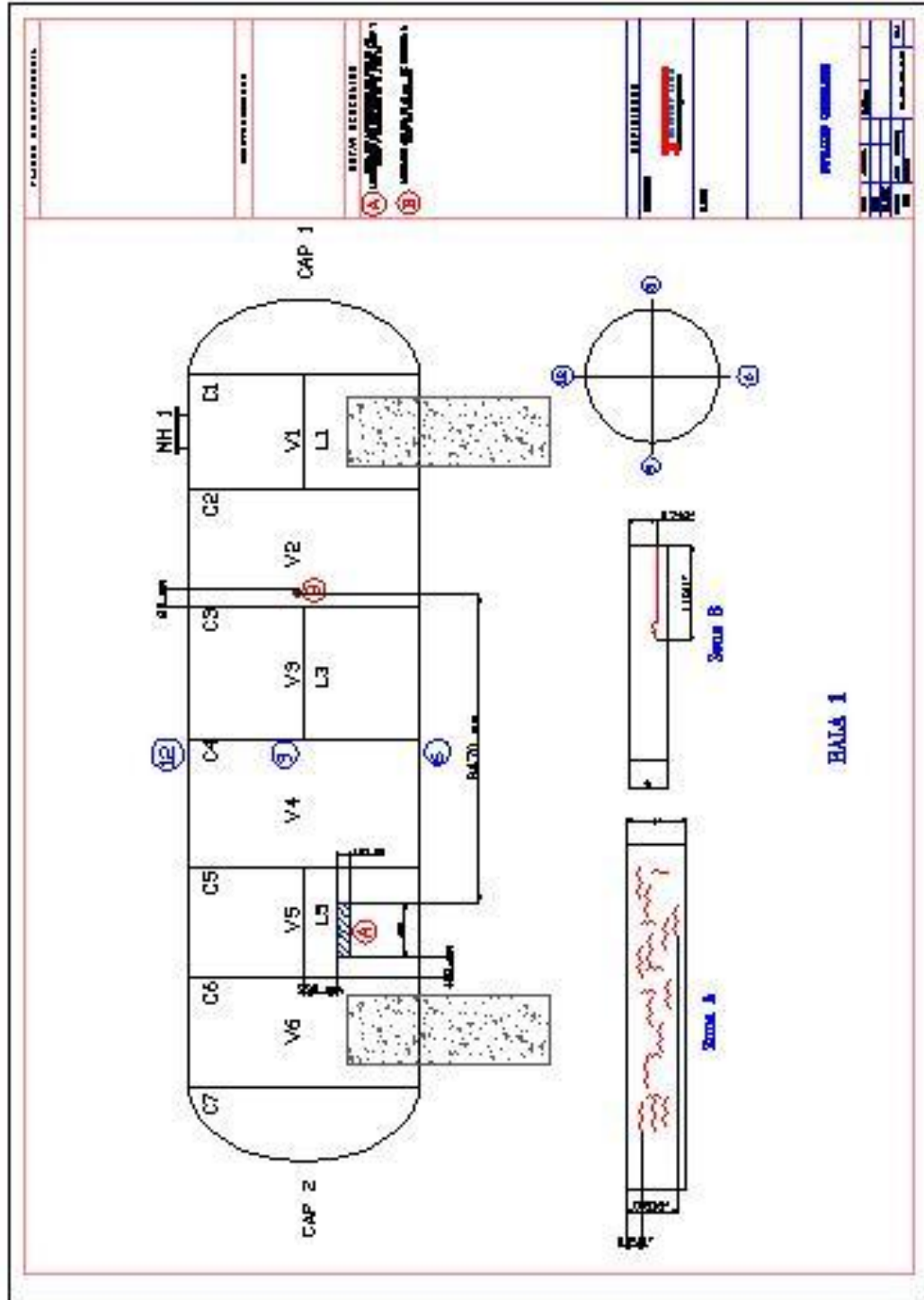
Convecciones: V1: virola n° 1
C1: junta circunferencial C1
B1: Boquilla n° 1

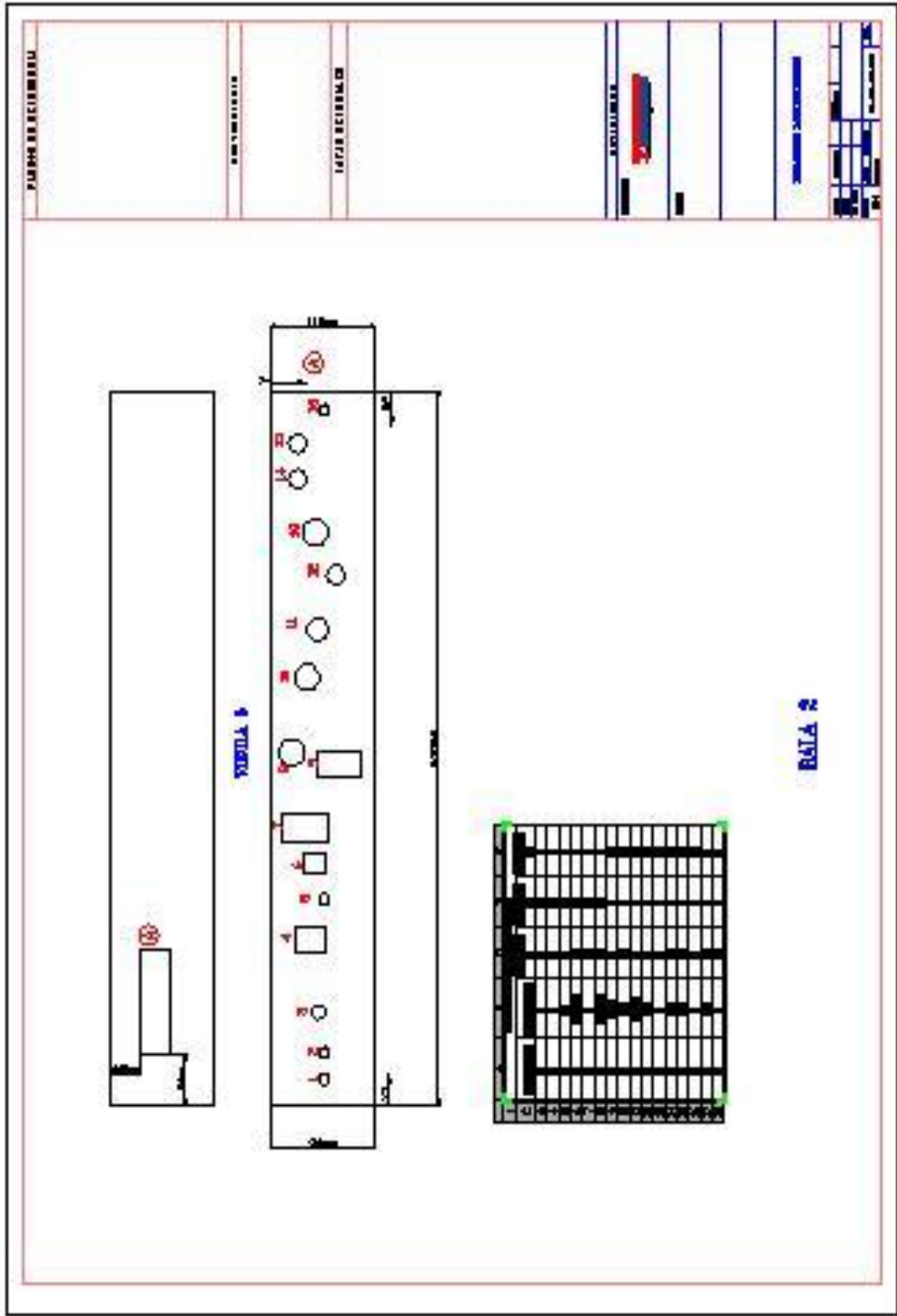


VISTA FRONTAL


	EJECUTADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
FIRMA			
NOMBRE	JUAN C. PRADA	MANUEL QUINTERO	
CARGO	ING. APRENDIZ	NIVEL II UT	
FECHA	18/09/2008	03/10/2008	

Anexo G Planos de balas







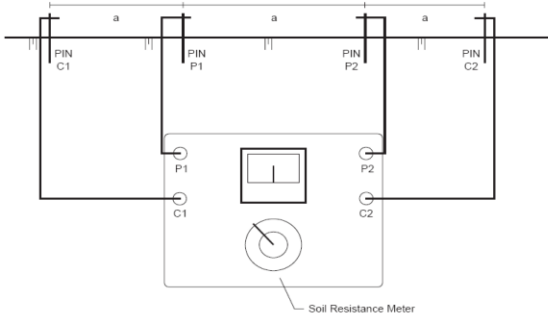
Anexo H. Hoja de Cálculo de Barnes.

				CLIENTE				
				FECHA	12/12/2008			
				PAGINA	1 DE 1			
Espaciamiento (cm)	R1 (Ω)	Resistividad (Ω-cm)	Mhos ² (1/R1)	Mhos ³ (Δ1/R1)	R2(1/Δ1/R1)	Factor 2	BARNES (Ω-cm)	Profundidad
100	5,1	3204,42	0,20	-	-	-	3204	0-1mt
500	1,30	4084,07	0,77	0,57	1,74	3142	5482	1-5mt
1000	0,70	4398,23	1,43	0,66	1,52	3142	4765	5-10mt
1500	0,45	4241,15	2,22	0,79	1,26	3142	3959	10-15mt
2000	0,30	3769,91	3,33	1,11	0,90	3142	2828	15-20mt
		EJECUTADO POR	APROBADO POR		REVISADO POR INTERVENTORIA			
FIRMA								
NOMBRE	JOHAN M MONCADA R	HENRY LIZCANO						
CARGO	PRACTICANTE ING							
FECHA	12/12/2008	12/12/2008						


Anexo I. Resultados de análisis químico.


	REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA				 <small>Ingeniería, Servicios & Corrosión</small>
	REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA				DOCUMENTO No.
	PRUEBAS DE PH, CLORUROS Y SULFATOS				IN-MD-01
ESTACION	CAMPO 1				
ZONA	ZONA I				
EQUIPOS	T-01 Y T-02				
pH					
UBICACIÓN	PUNTO	pH	GRADO DE CORROSIVIDAD	OBSERVACIONES	
ZONA I	1	6,20	MODERADO	Aplicar Criterio de -50 mV para control de acidez	
	2	6,0	MODERADO	Aplicar Criterio de -50 mV para control de acidez	
CLORUROS					
UBICACIÓN	PUNTO	CLORUROS SOLUBLES (ppm)	GRADO DE CORROSIVIDAD	OBSERVACIONES	
ZONA I	1	54,1	NO AGRESIVO	NO AFECTA PC	
	2	55,1	NO AGRESIVO	NO AFECTA PC	
PC = PROTECCION CATODICA					
SULFATOS					
UBICACIÓN	PUNTO	SULFATOS SOLUBLES (ppm)	GRADO DE CORROSIVIDAD	OBSERVACIONES	
ZONA I	1	165	AGRESIVIDAD MEDIA	Aplicar Criterio de -100 mV para control de Bacterias	
	2	150	NO AGRESIVO	NO AFECTA PC	
PC = PROTECCION CATODICA					
	EJECUTADO POR	APROBADO POR	REVISADO POR INTERVENTORIA		
FIRMA					
NOMBRE	VANESSA OCHOA	DEYSI LEAL			
CARGO	ING. CORROSION	ING. QUIMICA			
FECHA					

Anexo J Resistividades Zona I


		LEVANTAMIENTO DEL PERFIL DE RESISTIVIDAD		CLIENTE	
				FECHA	25/11/2008
		F-PR-PR-16-1.0		PÁGINA	1_1
ESTACION		ESTACION			
ZONA		ZONA I			
EQUIPOS		T-01 Y T-02			
FECHA	PUNTO	DISTANCIA ELECTRODOS (cm)	RESISTIVIDAD (Ω -cm) $\rho = 2\pi AR$	TIPO DE SUELO	
NOVIEMBRE DEL 2008	R1	100	691,15	MUY CORROSIVO	
		200	1130,97	MUY CORROSIVO	
	R2	100	1193,81	MUY CORROSIVO	
		200	691,15	MUY CORROSIVO	
	R3	100	4586,73	CORROSIVO	
		200	4398,23	CORROSIVO	
	R4	100	282,74	MUY CORROSIVO	
		200	402,12	MUY CORROSIVO	
MAYO DEL 2007	R5	100	3516,8	CORROSIVO	
	R6	100	3077,2	CORROSIVO	
	R7	100	2826	CORROSIVO	
	R8	100	3265,6	CORROSIVO	
	R9	500	4492,488	CORROSIVO	
ESQUEMA:					
					
		DECORADO POR		APROBADO POR	
FIRMA				REVISADO POR INTERVENTORIA	
NOMBRE		JOHAN M. MONCADA		ING. HENRY LIZCANO	
CARGO		EST. PRACTICA		CP-LEVEL3-NACE	
FECHA		21/11/2008			


Anexo K Formato encuesta


 ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE		
		FECHA	10/11/2008	
		PAGINA	1 DE 2	
NOMBRE :				
CARGO:				
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORAR DE 1 A 10	OTRA
1	La empresa tiene actualmente algun sistema de resolucio de conflictos?			
2	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar			
3	Se revisan los requisitos del producto o servicio antes de adquirir un compromiso con el cliente			
4	Se gestiona de forma sistemática la selecció n y evaluacó n de proveedores			
5	Existe un programa de mejora continua que afecta a todas las actividades de la empresa empleando herramientas adecuadas y estableciendo objetivos de mejora			
6	La empresa requiere procedimientos de mejoras en los diferentes procesos de inspeccion y proteccion catodica?			
7	La empresa tiene actualmente un procedimiento de resolucion de conflitos?			
8	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar			
9	La empresa requiere de procesos de capacitacion interna dado por personal externo			
10	La empresa requiere procesos de capacitacion interna dado por parte de personal interno			
OTRAS OBSERVACIONES:				
EJECUTADO POR		APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			

	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	2 DE 2
NOMBRE :				
CARGO:				
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORACION	
1	La empresa puede ofrecer nuevos campos de trabajo (capacitaciones a las distintas empresas del sector industrial en Colombia, procesos de gestión en mantenimiento a empresas del sector industrial colombiano)			
2	Cual es el sector de mayor desempeño en los distintos campos de licitación (Inspección, Protección Catódica, Ensayos no destructivos, otros)			
3	Cuales son los campos industriales de desempeño de los procesos de licitación (Industria refinación petroquímica, Industria del transporte de gas, Industria de transporte de hidrocarburos, otros)			
4	Cuales son otros campos industriales que pueden ser integrados para ampliar la cobertura en servicios de Insercor Ltda.			
5	La empresa puede ofrecer nuevos servicios en los campos de gestión del mantenimiento			
OTRAS OBSERVACIONES:				
	EJECUTADO POR	APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			


Anexo L Resultado encuesta


 Znsercor Ltda <i>Ingeniería, Servicios & Corrosión</i>	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	1 DE 2
NOMBRE :				
CARGO:				
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORAR DE 1 A 10	OTRA
1	La empresa tiene actualmente algun sistema de resolucion de conflictos?			
2	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar			
3	Se revisan los requisitos del producto o servicio antes de adquirir un compromiso con el cliente			
4	Se gestiona de forma sistemática la selección y evaluación de proveedores			
5	Existe un programa de mejora continua que afecta a todas las actividades de la empresa empleando herramientas adecuadas y estableciendo objetivos de mejora			
6	La empresa requiere procedimientos de mejoras en los diferentes procesos de inspeccion y proteccion catodica?	SI		
7	La empresa tiene actualmente un procedimiento de resolucio de conflictos?	NO		
8	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar	NO		
9	La empresa requiere de procesos de capacitacion interna dado por personal externo	NO		
10	La empresa requiere procesos de capacitacion interna dado por parte de personal interno	SI		
OTRAS OBSERVACIONES:				
	EJECUTADO POR	APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			


	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	2 DE 2
NOMBRE :				
CARGO:				
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORACION	
1	La empresa puede ofrecer nuevos campos de trabajo (capacitaciones a las distintas empresas del sector industrial en Colombia, procesos de gestión en mantenimiento a empresas del sector industrial colombiano)	si	capacitaciones en Protección Catódica e Inspección	
2	Cual es el sector de mayor desempeño en los distintos campos de licitación (Inspección, Protección Catódica, Ensayos no destructivos, otros)		Protección Catódica e Inspección	
3	Cuales son los campos industriales de desempeño de los procesos de licitación (Industria refinación petroquímica, Industria del transporte de gas, Industria de transporte de hidrocarburos, otros)		Todos los anteriores	
4	Cuales son otros campos industriales que pueden ser integrados para ampliar la cobertura en servicios de Insercor Ltda.		licación de protección catódica y diseño electrónico	
5	La empresa puede ofrecer nuevos servicios en los campos de gestión del mantenimiento	SI	(Information Technologies) para planificar mante	
OTRAS OBSERVACIONES:				
	EJECUTADO POR	APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			


 Znsercor Ltda <i>Ingeniería, Servicios & Corrosión</i>	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	1 DE 2
NOMBRE :	HENRY JIMENEZ S			
CARGO:	INGENIERO INSPECTOR			
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORAR DE 1 A 10	OTRA
1	La empresa tiene actualmente algun sistema de resolucio de conflictos?			
2	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar			
3	Se revisan los requisitos del producto o servicio antes de adquirir un compromiso con el cliente			
4	Se gestiona de forma sistemática la selección y evaluación de proveedores			
5	Existe un programa de mejora continua que afecta a todas las actividades de la empresa empleando herramientas adecuadas y estableciendo objetivos de mejora			
6	La empresa requiere procedimientos de mejoras en los diferentes procesos de inspeccion y proteccion catodica?	NO		
7	La empresa tiene actualmente un procedimiento de resolucion de conflitos?	NO		
8	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar	SI	5	FALTA MAS APOYO Y DIVULGACION
9	La empresa requiere de procesos de capacitacion interna dado por personal externo	SI	3	POCO TIEMPO DISPONIBLE, POCA PROGRAMACION
10	La empresa requiere procesos de capacitacion interna dado por parte de personal interno	SI	3	POCA O NULA PROGRAMACION
OTRAS OBSERVACIONES:				
EJECUTADO POR		APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			


	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	2 DE 2
NOMBRE :	HENRY JIMENEZ S			
CARGO:	INGENIERO INSPECTOR			
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORACION	
1	La empresa puede ofrecer nuevos campos de trabajo (capacitaciones a las distintas empresas del sector industrial en colombia, procesos de gestion en mantenimiento a empresas del sector industrial colombiano)	SI	CAPACITACION EN INSPECCION Y EN PROTECCION CATODICA	
2	Cual es el sector de mayor desempeño en los distintos campos de licitación (Inspeccion, Proteccion Catodica, Ensayos no Destructivos, otros)	SI	PROTECCION CATODICA	
3	Cuales son los campos industriales de desempeño de los procesos de licitación (Industria refinacion petroquimica, Industria del transporte de gas, Industria de transporte de hidrocarburos, otros)	SI	TODOS LOS ANTERIORES	
4	Cuales son otros campos industriales que pueden ser integrados para ampliar la cobertura en servicios de Insercor Ltda.	SI	CAPACITACION, CURSOS LIBRES	
5	La empresa puede ofrecer nuevos servicios en los campos de gestion del mantenimiento	NO		
OTRAS OBSERVACIONES:				
EJECUTADO POR		APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			


 Znsercor Ltda <i>Ingeniería, Servicios & Corrosión</i>	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	1 DE 2
NOMBRE :	HENRY JIMENEZ S			
CARGO:	INGENIERO INSPECTOR			
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORAR DE 1 A 10	OTRA
1	La empresa tiene actualmente algun sistema de resolucio de conflictos?	NO	6	
2	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar	SI	8	
3	Se revisan los requisitos del producto o servicio antes de adquirir un compromiso con el cliente	SI	9	
4	Se gestiona de forma sistemática la selecció n y evaluaci3n de proveedores	NO	7	
5	Existe un programa de mejora continua que afecta a todas las actividades de la empresa empleando herramientas adecuadas y estableciendo objetivos de mejora	SI	9	
6	La empresa requiere procedimientos de mejoras en los diferentes procesos de inspeccion y proteccion catodica?			
7	La empresa tiene actualmente un procedimiento de resolucion de conflitos?			
8	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar			
9	La empresa requiere de procesos de capacitacion interna dado por personal externo			
10	La empresa requiere procesos de capacitacion interna dado por parte de personal interno			
OTRAS OBSERVACIONES:				
EJECUTADO POR		APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			


	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	2 DE 2
NOMBRE :	-			
CARGO:	-			
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORACION	
1	La empresa puede ofrecer nuevos campos de trabajo (capacitaciones a las distintas empresas del sector industrial en colombia, procesos de gestion en mantenimiento a empresas del sector industrial colombiano)	NO		
2	Cual es el sector de mayor desempeño en los distintos campos de licitacion (Inspeccion, Proteccion Catodica, Ensayos no Destructivos, otros)		PC	
3	Cuales son los campos industriales de desempeño de los procesos de licitación (Industria refinacion petroquimica, Industria del transporte de gas, Industria de transporte de hidrocarburos, otros)		TODAS	
4	Cuales son otros campos industriales que pueden ser integrados para ampliar la cobertura en servicios de Insercor Ltda.		CAPACITACION	
5	La empresa puede ofrecer nuevos servicios en los campos de gestion del mantenimiento	SI	SI	
OTRAS OBSERVACIONES:				
EJECUTADO POR		APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			


 ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE		
		FECHA	10/11/2008	
		PAGINA	1 DE 2	
NOMBRE :		-		
CARGO:		-		
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORAR DE 1 A 10	OTRA
1	La empresa tiene actualmente algun sistema de resolucio de conflictos?	NO	3	
2	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar	SI	8	
3	Se revisan los requisitos del producto o servicio antes de adquirir un compromiso con el cliente	SI	6	
4	Se gestiona de forma sistemática la selecció n y evaluacó n de proveedores	NO	9	
5	Existe un programa de mejora continua que afecta a todas las actividades de la empresa empleando herramientas adecuadas y estableciendo objetivos de mejora	SI	8	
6	La empresa requiere procedimientos de mejoras en los diferentes procesos de inspeccion y proteccion catodica?			
7	La empresa tiene actualmente un procedimiento de resolucion de conflitos?			
8	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar			
9	La empresa requiere de procesos de capacitacion interna dado por personal externo			
10	La empresa requiere procesos de capacitacion interna dado por parte de personal interno			
OTRAS OBSERVACIONES:				
EJECUTADO POR		APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			

	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
	PR-MBEB-01		FECHA	10/11/2008
			PAGINA	2 DE 2
NOMBRE :	-			
CARGO:	-			
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORACION	
1	La empresa puede ofrecer nuevos campos de trabajo (capacitaciones a las distintas empresas del sector industrial en colombia, procesos de gestion en mantenimiento a empresas del sector industrial colombiano)	SI	FORTALECER CON LA ACADEMIA	
2	Cual es el sector de mayor desempeño en los distintos campos de licitacion (Inspeccion, Proteccion Catodica, Ensayos no Destructivos, otros)		PC	
3	Cuales son los campos industriales de desempeño de los procesos de licitación (Industria refinacion petroquimica, Industria del transporte de gas, Industria de transporte de hidrocarburos, otros)		TODAS LAS ANTERIORES	
4	Cuales son otros campos industriales que pueden ser integrados para ampliar la cobertura en servicios de Insercor Ltda.		ANALISIS DE SUELOS	
5	La empresa puede ofrecer nuevos servicios en los campos de gestion del mantenimiento	SI	SI	
OTRAS OBSERVACIONES:				
	EJECUTADO POR	APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			

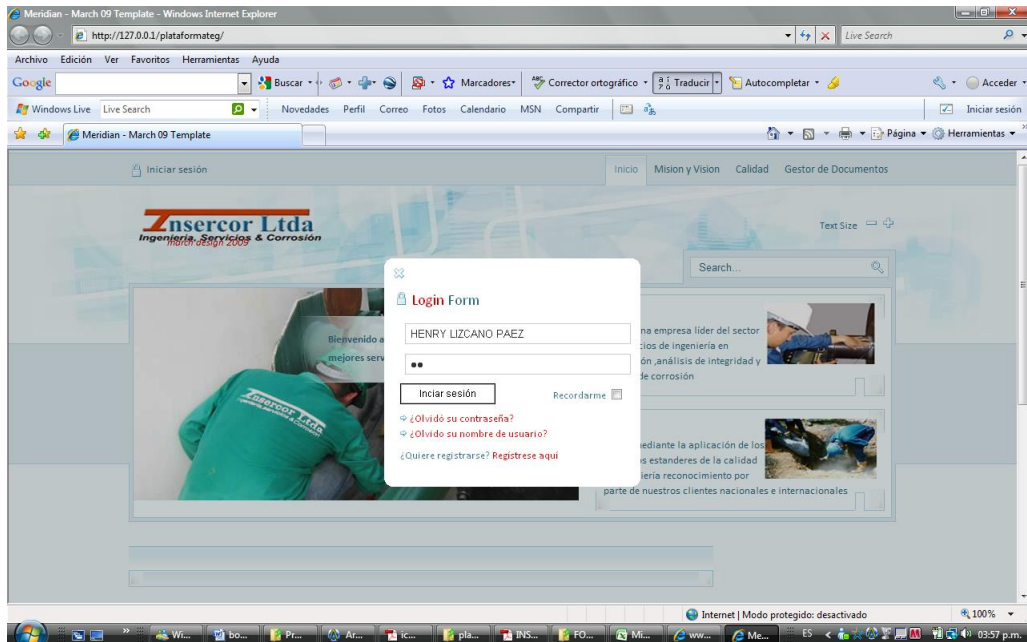
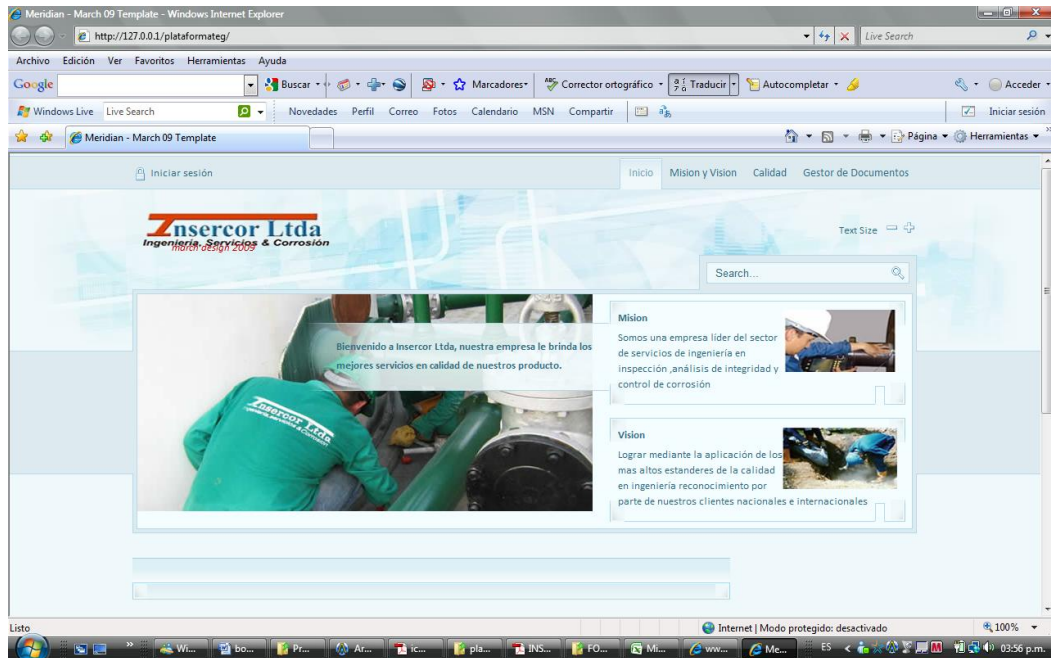
 ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE		
		FECHA	10/11/2008	
		PAGINA	1 DE 2	
NOMBRE :		-		
CARGO:		-		
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORAR DE 1 A 10	OTRA
1	La empresa tiene actualmente algun sistema de resolucio de conflictos?			
2	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar			
3	Se revisan los requisitos del producto o servicio antes de adquirir un compromiso con el cliente			
4	Se gestiona de forma sistemática la selección y evaluación de proveedores			
5	Existe un programa de mejora continua que afecta a todas las actividades de la empresa empleando herramientas adecuadas y estableciendo objetivos de mejora			
6	La empresa requiere procedimientos de mejoras en los diferentes procesos de inspeccion y proteccion catodica?	SI	8	
7	La empresa tiene actualmente un procedimiento de resolucion de conflitos?	NO	5	
8	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar	SI	9	
9	La empresa requiere de procesos de capacitacion interna dado por personal externo	SI	7	
10	La empresa requiere procesos de capacitacion interna dado por parte de personal interno	SI	7	
OTRAS OBSERVACIONES:				
EJECUTADO POR		APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			

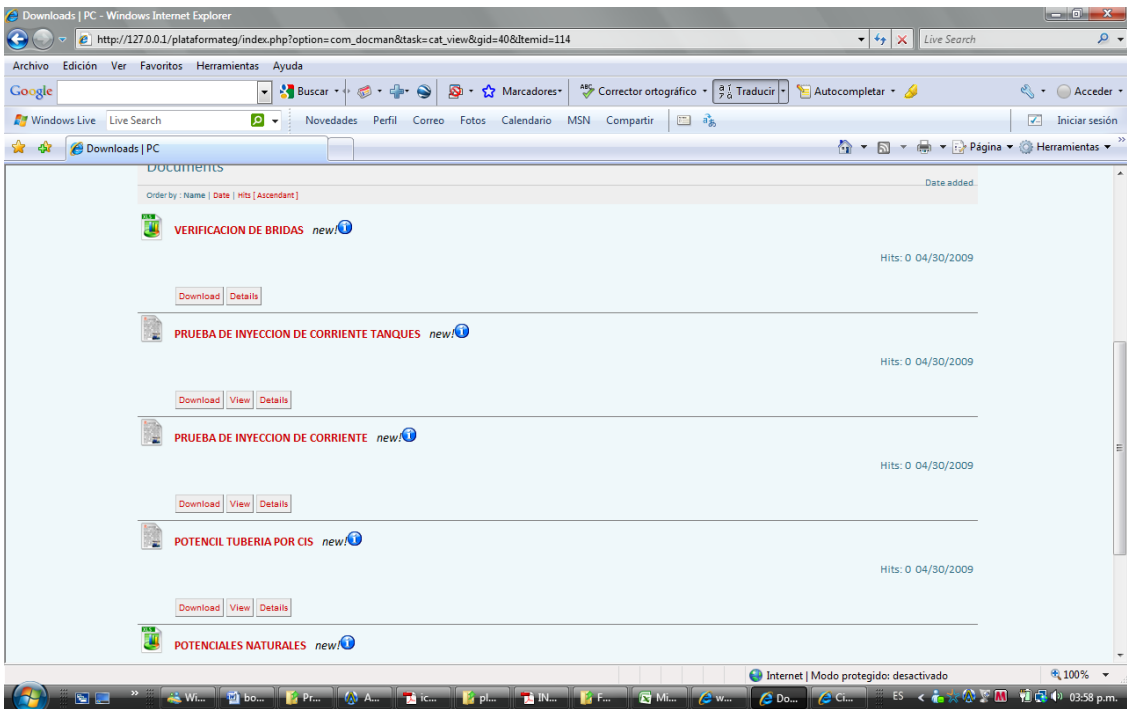
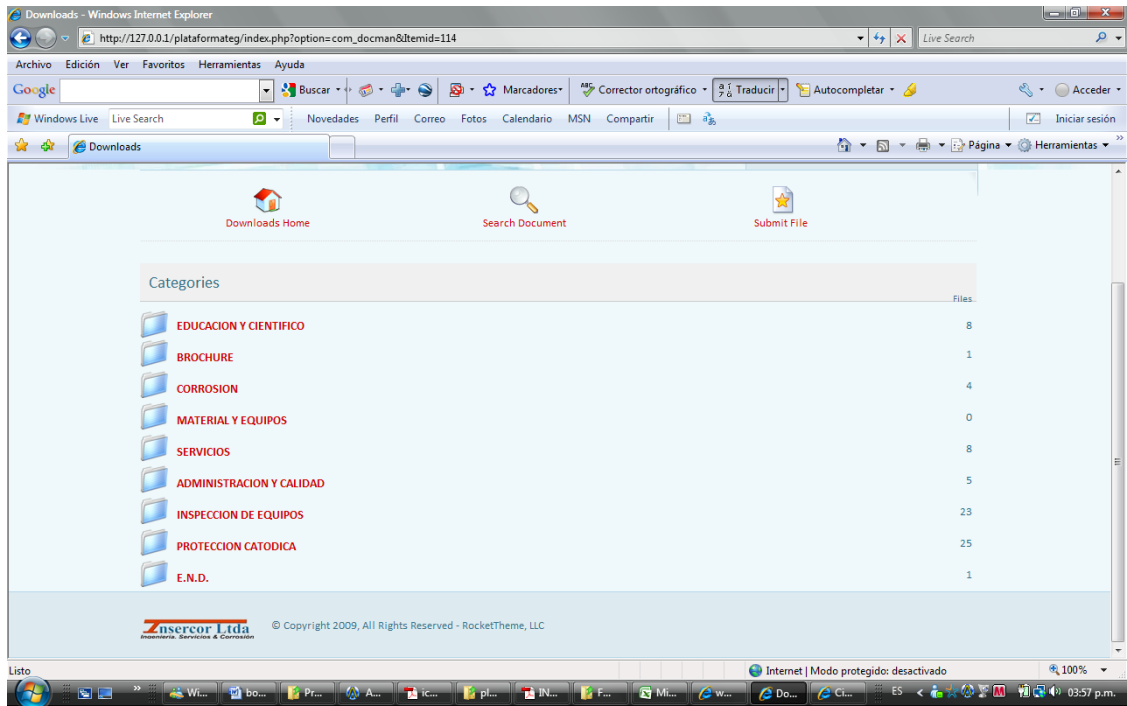
	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	2 DE 2
NOMBRE :	-			
CARGO:	-			
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORACION	
1	La empresa puede ofrecer nuevos campos de trabajo (capacitaciones a las distintas empresas del sector industrial en Colombia, procesos de gestión en mantenimiento a empresas del sector industrial colombiano)	SI		
2	Cual es el sector de mayor desempeño en los distintos campos de licitación (Inspección, Protección Catódica, Ensayos no destructivos, otros)		PC E INSPECCION	
3	Cuales son los campos industriales de desempeño de los procesos de licitación (Industria refinación petroquímica, Industria del transporte de gas, Industria de transporte de hidrocarburos, otros)		TODAS LAS ANTERIORES	
4	Cuales son otros campos industriales que pueden ser integrados para ampliar la cobertura en servicios de Insercor Ltda.		NO SE RESPONDE	
5	La empresa puede ofrecer nuevos servicios en los campos de gestión del mantenimiento		NO SE RESPONDE	
OTRAS OBSERVACIONES:				
EJECUTADO POR		APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			

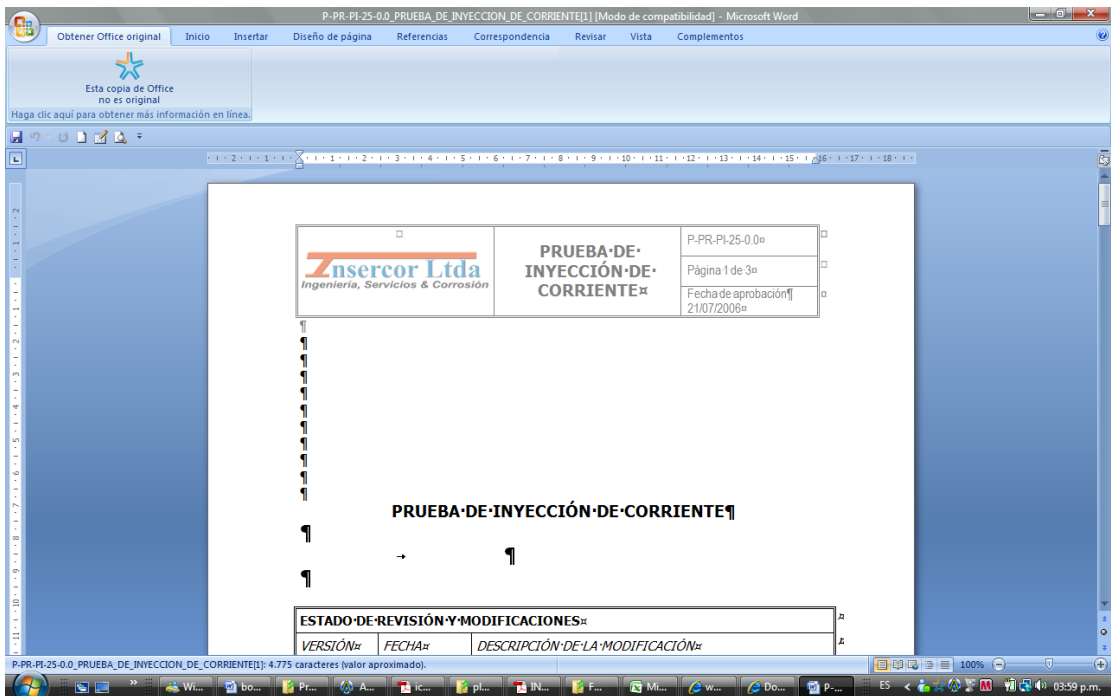
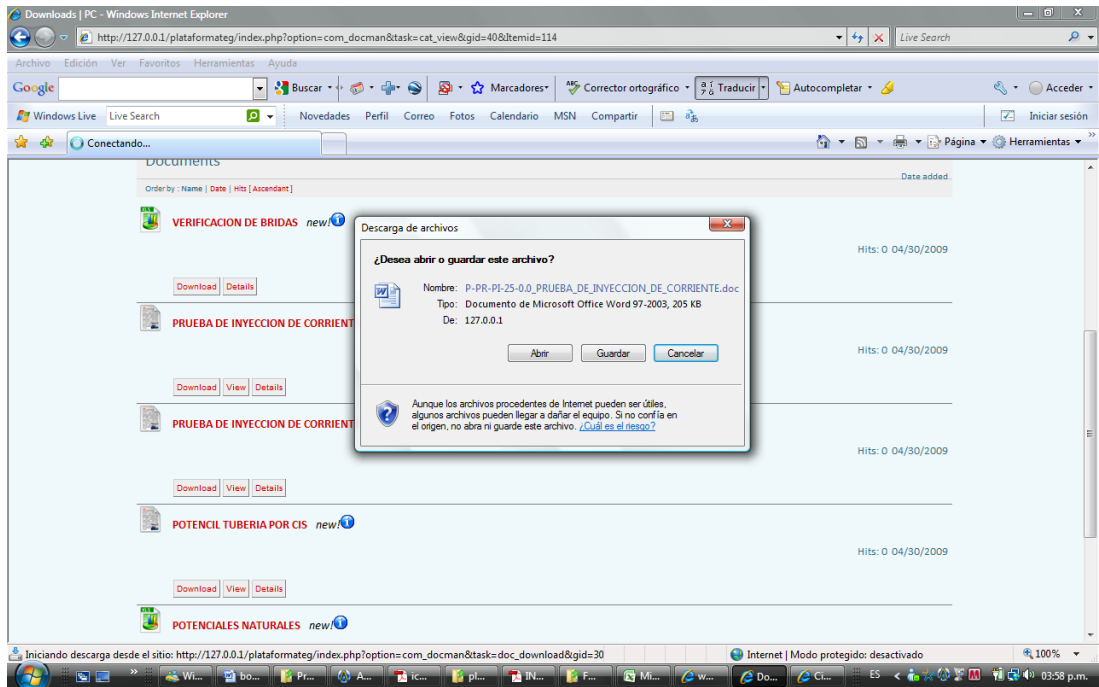
 Znsercor Ltda Ingeniería, Servicios & Corrosión	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	1 DE 2
NOMBRE :	-			
CARGO:	-			
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORAR DE 1 A 10	OTRA
1	La empresa tiene actualmente algun sistema de resolucio de conflictos?			
2	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar			
3	Se revisan los requisitos del producto o servicio antes de adquirir un compromiso con el cliente			
4	Se gestiona de forma sistemática la selección y evaluación de proveedores			
5	Existe un programa de mejora continua que afecta a todas las actividades de la empresa empleando herramientas adecuadas y estableciendo objetivos de mejora			
6	La empresa requiere procedimientos de mejoras en los diferentes procesos de inspeccion y proteccion catodica?	NO	8	
7	La empresa tiene actualmente un procedimiento de resolucion de conflitos?	NO	9	
8	La empresa reconoce la direccion de logros y el compromiso de las personas y equipos que se esfuerzan por mejorar	SI	7	
9	La empresa requiere de procesos de capacitacion interna dado por personal externo	SI	7	
10	La empresa requiere procesos de capacitacion interna dado por parte de personal interno	SI	7	
OTRAS OBSERVACIONES:				
EJECUTADO POR		APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			

 Insercor Ltda <i>Ingeniería, Servicios & Corrosión</i>	ENCUESTA -MEJORAMIENTO BASADO EN BENCHMARKING		CLIENTE	
			FECHA	10/11/2008
	PR-MBEB-01		PAGINA	2 DE 2
NOMBRE :	-			
CARGO:	-			
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
		SI/NO	VALORACION	
1	La empresa puede ofrecer nuevos campos de trabajo (capacitaciones a las distintas empresas del sector industrial en colombia, procesos de gestion en mantenimiento a empresas del sector industrial colombiano)	NO		
2	Cual es el sector de mayor desempeño en los distintos campos de licitación (Inspeccion, Proteccion Catodica, Ensayos no Destructivos, otros)		INSPECCION	
3	Cuales son los campos industriales de desempeño de los procesos de licitación (Industria refinacion petroquimica, Industria del transporte de gas, Industria de transporte de hidrocarburos, otros)		TODOS	
4	Cuales son otros campos industriales que pueden ser integrados para ampliar la cobertura en servicios de Insercor Ltda.		NUEVAS TECNICAS EN INSPECCION	
5	La empresa puede ofrecer nuevos servicios en los campos de gestion del mantenimiento	SI/NO	NO RESPONDE	
OTRAS OBSERVACIONES:				
	EJECUTADO POR	APROBADO POR		
FIRMA				
NOMBRE	JOHAN MAURICIO MONCADA			
CARGO	EST.PRACTICANTE			
FECHA	08/11/2008			


Anexo M Visualizaciones de la plataforma







Anexo Ñ. Hoja calculo de malla Grid.

 Znsercor Ltda Ingeniería, Servicios & Corrosión		CALCULOS CANTIDAD DE CINTA ANODICA MMO POR CUADRANTE				CLIENTE			
		CODIGO				PAGINA	1 DE 1		
incremento	x (m)	r	x2	r2	r2-x2	y (m)	x (m)	y (m)	
0,52	0,52	6,1	0,2704	37,21	36,9396	6,1	0,52	6,1	
1,04	1,56	6,1	2,4336	37,21	34,7764	5,9	1,56	5,9	
1,04	2,6	6,1	6,76	37,21	30,45	5,5	2,6	5,5	
1,04	3,64	6,1	13,2496	37,21	23,9604	4,9	3,64	4,9	
1,04	4,68	6,1	21,9024	37,21	15,3076	3,9	4,68	3,9	
1,04	5,72	6,1	32,7184	37,21	4,4916	2,1	5,72	2,1	
TOTAL								28,4	
incremento	x (m)	r	x2	r2	r2-x2	y (m)	x (m)	y (m)	
0,35	0,35	6,1	0,1225	37,21	37,0875	6,1	0,35	6,090	
0,7	1,05	6,1	1,1025	37,21	36,1075	6,0	1,05	6,009	
0,7	1,75	6,1	3,0625	37,21	34,1475	5,8	1,75	5,844	
0,7	2,45	6,1	6,0025	37,21	31,2075	5,6	2,45	5,586	
0,7	3,15	6,1	9,9225	37,21	27,2875	5,2	3,15	5,224	
0,7	3,85	6,1	14,8225	37,21	22,3875	4,7	3,85	4,732	
0,7	4,55	6,1	20,7025	37,21	16,5075	4,1	4,55	4,063	
0,7	5,25	6,1	27,5625	37,21	9,6475	3,1	5,25	3,106	
0,7	5,95	6,1	35,4025	37,21	1,8075	1,3	5,95	1,344	
TOTAL								41,998	
EJECUTADO POR		APROBADO POR		REVISADO POR INTERVENTORIA					
FIRMA									
NOMBRE	JOHAN M MONCADA								
CARGO	EST.PRACTICA								
FECHA	DIC-08-2008								

Anexo O. Planos PC zona I

Anexo P. Registro fotografico.

- Toma de Muestras de suelo.



- Toma de Resistividad del suelo.



- Toma de Potenciales naturales.

