

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA VERIFICACIÓN DE INSTALACIONES
INDUSTRIALES DE SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE DE ACUERDO A
LA RESOLUCIÓN 90902 DE 2013**



PEDRO FABIO ANTONIO RIVERA CARRILLO

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECÁNICA, MECATRONICA E
INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, 2015**

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA VERIFICACIÓN DE INSTALACIONES
INDUSTRIALES DE SUMINISTRO DE GAS COMBUSTIBLE DE ACUERDO A
LA RESOLUCIÓN 90902 DE 2013**

PEDRO FABIO ANTONIO RIVERA CARRILLO

88155433

pedrorc22@hotmail.com

Cel. 3132792693

**Anteproyecto presentado como requisito del Trabajo de Grado
Para optar al título de Ingeniero Mecánico**

Director

RAFAEL BOLIVAR LEON

M. Ingeniero Metalúrgico

rbolivarl@unipamplona.edu.co

Asesor

JHON ALEXANDER PALACIOS RESTREPO

Ingeniero Mecánico

Jhonp23@hotmail.com

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, MECATRONICA E
INDUSTRIAL**

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	3
TABLA DE ILUSTRACIONES	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. OBJETIVOS	8
4. MARCO TEÓRICO.....	9
4.1. DEFINICIONES	9
4.1.2. INSTALACIÓN PARA SUMINISTRO DE GAS:	10
4.1.3. TUBERÍAS ACCESORIOS Y EQUIPOS	11
4.1.4. ACCESORIOS	13
4.1.5. CLASIFICACIÓN DE LOS GASES	15
4.2 FALLAS Y RIESGOS	15
4.2.1. TIPOS DE FALLAS	16
5. NORMATIVIDAD VIGENTE PARA LA ELABORACIÓN DE LA GUÍA DE VERIFICACIÓN.....	21
5.1. DE LAS LEYES DE LA REPÚBLICA SE DEBEN MENCIONAR:	22
5.2. NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS	22
6. PRUEBAS MANDATORIAS.....	23
6.1. PRUEBA DE HERMETICIDAD	23
6.2. PRUEBA DE PRESIÓN	24
6.3 CONTROL DE CORROSIÓN	26
6.4. PRUEBAS DE PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN.	31
BIBLIOGRAFIA	38

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. INSTALACIÓN DE GAS (CqMéxico).....	10
Ilustración 2. INSTALACIÓN DE GAS GASES DEL ORIENTE (Pamplona, Norte de Santander)	11
Ilustración 3. TUBERÌAS METALICAS DE INSTALACIÒN DE GASES DEL ORIENTE (Pamplona, Norte de Santander)	12
Ilustración 4. VÁLVULA DE CORTE PLANTA GASES DEL ORIENTE (Pamplona, Norte de Santander).....	13
Ilustración 5. ACCESORIOS DE INSTALACIÓN DE GASES DEL ORIENTE (Pamplona, Norte de Santander).....	14
Ilustración 6. VÁLVULA CON EFECTOS DE CORROSIÓN. China, corrosión y protección de la red. Autor. Li Lingshan.....	19
Ilustración 7. PRUEBA DE HERMETICIDAD. Revengal – España.....	24
Ilustración 8. PRUEBA DE INSTALACIÓN DE GAS QUE PRESENTA CORROSIÓN. Fuente. Fabian Mangarreto.....	26
Ilustración 9. CORROSIÓN VISUALIZADA POR SIMPLE INSPECCIÓN. Fuente. Impralatina.....	27
Ilustración 10. CORROSIÓN OBSERVADA A TRAVÉS DE UNA LENTE. Fuente. Impralatina.....	28
Ilustración 11. APLICACIÓN DE MÉTODOS CONTRA LA CORROSIÓN.....	29
Ilustración 12. APLICACIÓN DE PELÍCULA PROTECTORA.....	30
Ilustración 13. ESQUEMA DE CONEXIÓN DE SISTEMA DE PUESTA EN TIERRA EN INSTALACIÓN DE GAS. Fuente. Fenpa.es/rebt/gas/pto3.htm.....	33
Ilustración 14. BORNE DE PUESTA A TIERRA DE INSTALACIÓN DE GAS. Fuente.Fenpa.es/rebt/gas/pto3.htm.....	34
Ilustración 15. DIAGRAMA DE PUESTA A TIERRA EN TANQUE DE GAS. Fuente. elektrokorrosion.com.ar/soluciones-y.servicios/	35
Ilustración 16. ESQUEMA DE PUESTA A TIERRA.Fuente.Medición+de+la+resistencia+de+puesta+a+tierra.&source=Inms&tbm=isch&a=X&ved=0ahUKEwj00LudizKAhUCRCYKHUxiDvUQ_AUIBygB&biw=1093&bih=514#imgrc=VpJu6d1iTfCp6M%3a.....	37

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado ofrece una metodología para inspecciones, diagnósticos y mantenimiento de instalaciones industriales de suministro de gas combustible. Diseñada para el trabajo de verificación de una instalación industrial con el fin de conocer y mejorar la realidad de estas, optimizando su condición, eliminando las falencias que se detecten, y fortaleciendo los aspectos que son susceptibles de ello. Sirviendo de manual de consulta a inspectores, instaladores y prestadores del servicio; referenciando la clase de materiales utilizados, la calidad de las conexiones, los parámetros puntuales de seguridad y el manejo de los elementos constitutivos de las líneas de abastecimiento de gas para uso industrial.

Todo esto dentro del marco de la actualización de la resolución 90902 de octubre de 2013 emanada por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, que tienen el carácter de estricto cumplimiento por usuarios y operadores de este servicio a partir de abril del año 2014.

Para el desarrollo de este documento se presenta en el capítulo 1, la definición de conceptos básicos acerca del tema de gases e instalaciones, clases de gases, qué tipo de materiales, equipos y accesorios se requieren para una correcta instalación de gas industrial.

En el capítulo 2 se presentan y definen los riesgos o fallas de las que son susceptibles las instalaciones de gas de acuerdo a los parámetros expuestos de acuerdo a la resolución 90902, que en su numeral 5.3, enumera las fallas. Así también se describen conceptos de qué es y cómo se produce cada uno de los eventos físicos que dan lugar a las fallas de determinados elementos presentes en las instalaciones que utilizan como combustible el gas natural o el gas licuado de petróleo.

En el capítulo 3 se enumera la normatividad vigente nacional e internacional que rige estos mecanismos de verificación y por último se presenta en el capítulo 4 las pruebas mandatorias y las listas de chequeo y verificación para instalaciones industriales de gas combustible

2. JUSTIFICACIÓN

El Ministerio de Minas y Energía de la Republica de Colombia, mediante la Resolución 90902 del 24 de octubre de 2013, expidió un nuevo reglamento técnico de instalaciones internas de gas que entró en vigencia en Abril del año 2014. Debido a esto se hace necesario que el personal técnico de las empresas prestadoras y usuarias del servicio, conozcan esta nueva reglamentación y la puedan implementar de manera práctica y eficiente al diseñar, construir y revisar las conexiones del servicio de gas de uso industrial.

En la actualidad no existe una metodología que guie a los usuarios que utilizan el gas como combustible o a las plantas que lo proveen, en la forma de cumplir con la nueva resolución y por supuesto asegurar una disminución en el posible riesgo y la aprobación de los entes de control.

Para este trabajo de grado se tuvo en cuenta el numeral 5.3 de la Resolución 90902 que exige el mantenimiento de instalaciones para el suministro de gas combustible para uso industrial, y que requiere de un programa de mantenimiento de la instalación industrial, que incluye la revisión de la instalación y la evidencia de que ese programa de mantenimiento se esté realizando, que se realicen pruebas de hermeticidad, presión, verificación de las medidas para prevenir la corrosión donde aplique, además de pruebas de puesta a tierra de la instalación.

El no cumplimiento de estas normatividades puede ocasionar diversas afectaciones; de tipo industrial y económico. Además amenazas latentes sobre las instalaciones, infraestructura, riesgos sobre el ambiente y los seres humanos, debido al peligro de fugas, explosiones, intoxicaciones que se expone cualquier complejo por el manejo inexperto de las instalaciones de gas.

Por otra parte las afectaciones económicas que se derivan de una inobservancia de la reglamentación pueden ser desde leves hasta catastróficas; de acuerdo a la magnitud del evento. Los accidentes pueden generar altos costos en infraestructura, o indemnizaciones

por accidentes laborales; como consecuencia de explosiones, fugas o poniendo incluso en riesgo la existencia de la empresa y de quienes trabajan en ella.

Por último y como resultado de la inspección del ente acreditador, si este determina que no existen defectos críticos y/o no críticos, dicho ente deberá informar de los resultados de la inspección al distribuidor, dentro de los dos días calendario siguientes, anexando el Certificado de Conformidad o el diagnóstico de la inspección. Este documento se convierte en una licencia para la operación de la instalación industrial.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una guía metodológica para la verificación de instalaciones industriales de suministro de gas combustible de acuerdo a la resolución 90902 de 2013.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1 Verificar mediante la guía metodológica la existencia de un programa de mantenimiento que involucre las pruebas del numeral 5.3 de la Resolución 90902 de 2013.

3.2.2 Diseñar una guía metodológica para que el personal competente pueda comprobar la perfecta hermeticidad de la tubería mediante el uso de aire a presión

3.2.3. Estructurar una guía metodológica para la comprobación de que elementos de la instalación que están sometidos a las presiones del gas, estén diseñadas, e instaladas para soportar las presiones nominales y de trabajo

3.2.4. Diseñar una guía metodológica para verificación de la correcta puesta a tierra de la red de gas.

3.2.5. Diseñar una guía metodológica para que el personal competente pueda verificar la aparición de los fenómenos de corrosión en los elementos donde esta se pueda presentar.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. DEFINICIONES

Es importante definir los conceptos que se deben tener en cuenta para poder entender el proceso de verificación de las instalaciones industriales de gas, el elemento razón de estas instalaciones: el gas natural o el gas licuado de petróleo, los componentes de la instalación y sus accesorios.

4.1.1. GAS NATURAL: Consiste en la combinación de múltiples hidrocarburos gaseosos. Estos pueden estar relacionados con el petróleo, pero no es absolutamente necesario. En este compuesto el mayor componente es el Metano en una rata del 70% al 95%. La cantidad restante de componentes son el Etano, Propano, Butano, además de contener en mínimas cantidades vapor de agua, Anhídrido Carbónico, Nitrógeno e Hidrogeno Sulfurado..

En los pozos el petróleo resulta pesar menos que el agua; por lo cual el petróleo flota sobre aguas saladas en lagos subterráneos hallándose en la parte superior se hayan los gases que al presionarse provocan el flujo del petróleo hacia el exterior. Este elemento para ser utilizado adecuadamente para propósitos domésticos e industriales, se requiere realizar tratamientos que ejerzan la separación del metano de otros elementos que interfieren en la combustión además de producir fenómenos de corrosión o condensaciones en los ductos de transporte

Existen múltiples clases de gas natural, de acuerdo a sus componentes:

Gas Seco en su gran mayoría Metano, Gas Húmedo con hidrocarburos en grandes proporciones, Gas Agrio con presencia de ácido sulfúrico, Gas Residual corresponde al gas restante luego de las extracciones de parafinas y Gases de pozo presente en la superficie de los pozos petroleros. Recuperado de Instalaciones Industriales de Gas Natural, Jorge Sifuentes, lima Perú 2012.



Ilustración 1. INSTALACIÓN DE GAS (CqMéxico)

4.1.2. INSTALACIÓN PARA SUMINISTRO DE GAS:

Según la NTC 2505 “Instalaciones para suministro de gas), Son un conjunto de tuberías, equipos y accesorios requeridos para el suministro de gas a edificaciones; está comprendida entre la salida de la válvula de corte en la acometida y los puntos de salida para conexión de los gasodomésticos o equipos para uso comercial que funcionan con gas., para más especificaciones la instalación industrial de gas corresponde a la instalación interna o red interna definida en el Numeral 16 de la Ley 142 y que dice: “Es el conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público al inmueble a partir del medidor.”



Ilustración 2. INSTALACIÓN DE GAS GASES DEL ORIENTE (Pamplona, Norte de Santander)

4.1.3. TUBERÍAS ACCESORIOS Y EQUIPOS

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 2505 “*El material de las tuberías debe resistir la acción del gas y del medio exterior con el que está en contacto; de lo contrario, las tuberías deben estar protegidas con recubrimientos.*”

Los espesores de las paredes deben cumplir como mínimo las condiciones de ensayo de presión y de resistencia mecánica especificadas para cada material en la norma correspondiente”.

Las tuberías pueden ser de dos tipos:

- Tuberías plásticas
- Metálicas de dos naturalezas: rígidas y flexibles

Las tuberías plásticas deben cumplir con lo establecido en la NTC 1746 y deben emplearse únicamente en instalaciones enterradas. El material usado es el polietileno

TUBERÍAS METÁLICAS (RÍGIDAS Y FLEXIBLES)

Para la conducción de gas en ningún caso se puede utilizar tubería de hierro fundido. Los tipos de tubería metálica que pueden ser utilizados en la construcción de las instalaciones para suministro de gas son:

- Acero
- Cobre
- Aluminio



Ilustración 3. TUBERÍAS METÁLICAS DE INSTALACIÓN DE GASES DEL ORIENTE (Pamplona, Norte de Santander)

4.1.4. ACCESORIOS

Para la NTC 2505 “*Todos los accesorios utilizados para efectuar las conexiones deben permitir un suministro de gas en condiciones de hermeticidad. En general los accesorios deben ser compatibles con el tipo de tubería utilizado.*”

- ✓ ACCESORIOS PARA TUBERÍAS DE POLIETILENO: Los accesorios se deben fabricar de conformidad con la NTC 3409, NTC 3410 y ASTM F1055.
- ✓ ACCESORIOS PARA TUBERÍAS METÁLICAS (RÍGIDAS Y FLEXIBLES)

a) Accesorios para tubería de acero. Los accesorios deben ser fabricados en acero forjado o por fundición de hierro vaciado en molde de arena y tratados térmicamente para obtener hierro maleable. (NTC 2505).

Los accesorios al igual que las tuberías deben ser protegidos contra la corrosión.

- ✓ EMPAQUES PARA ACCESORIOS: Los empaques para accesorios deben ser de vitón, neopreno o buna-n u otro material de características similares o superiores.



Ilustración 4. VÁLVULA DE CORTE PLANTA GASES DEL ORIENTE (Pamplona, Norte de Santander).

- ✓ **VÁLVULAS DE CORTE:** Es un tipo de válvula donde los elementos constitutivos realizan un movimiento lineal a lo largo de la línea central del asiento de la válvula, dado que la trayectoria de apertura o cierre del vástago es corto sus funciones de desconexión son muy confiables, además de ser muy indicada para el ajuste del flujo, es muy apta para desconexión o ajuste del fluido. .Las válvulas de corte deben ser de cierre rápido mediante el giro del volante o indicador de la posición de la válvula en un cuarto de vuelta. Recuperado de Boteli Valve Group <http://www.boteli.com/es/product/51-v%C3%A1lvula-de-corte.html>
- ✓ **REGULADORES:** Los reguladores se deben seleccionar de acuerdo con el tipo de gas suministrado, atendiendo de manera particular las siguientes directrices:

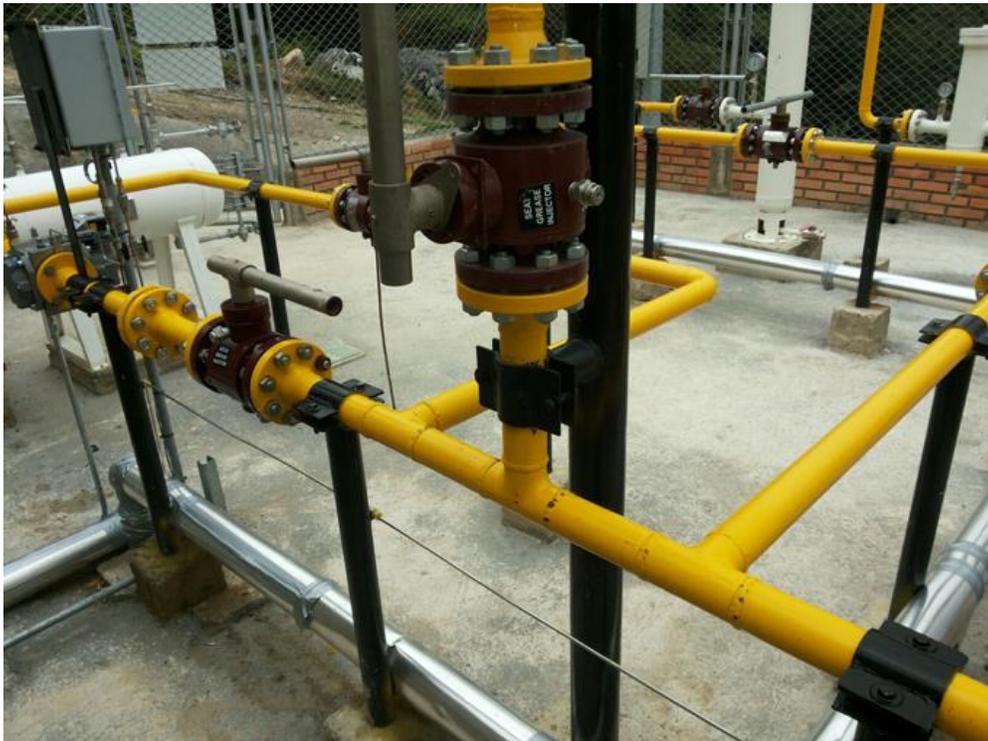


Ilustración 5. ACCESORIOS DE INSTALACIÓN DE GASES DEL ORIENTE (Pamplona, Norte de Santander)

4.1.5. CLASIFICACIÓN DE LOS GASES

Los gases se clasifican en función del índice de Wobbe, el cual es relación entre el poder calorífico (inferior o superior) de un gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa con respecto al aire, bajo las mismas condiciones de referencia.

$$W = \frac{\text{Poder Calorífico}}{\sqrt{r}}$$

Familia y grupo de Gas	Índice de Wobbe superior a 15 °C	
	Mínimo	Máximo
Primera Familia		
Grupo a	22.4	24.8
Segunda Familia	39.1	54.7
Grupo H	45.7	54.7
Grupo L	39.1	44.8
Grupo E	40.9	54.7
Tercera Familia	72.9	87.3
Grupo P/B	72.9	87.3
Grupo P	72.9	76.8
Grupo B	81.8	87.3

Tabla 1. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 3527 GASES DE ENSAYO, PRESIONES DE ENSAYO. Segunda Actualización.

4.2 FALLAS Y RIESGOS

Las fallas en el diseño o en la instalación de los ductos y accesorios de las acometidas de gas pueden ocasionar grandes costos de mantenimiento y pérdidas por fugas perdidas de presión o incluso explosiones.

Las fallas se suelen presentar por

- Errores en el diseño
- Errores en la instalación
- Manipulación inapropiada de los materiales

- Maniobras indebidas alrededor de la instalación

4.2.1. TIPOS DE FALLAS

Para Cadena Velásquez (2011) *“El término de falla se plantea cuando un componente o equipo ha perdido la capacidad de satisfacer un criterio de funcionamiento deseado, ya sea en cantidad o calidad.”*

El propósito del mantenimiento es reducir o en tanto se pueda eliminar las fallas, previniendo, corrigiendo o prediciendo qué mal funcionamientos pueden ocurrir para evitarlos y así aumentar la vida útil de las instalaciones. Las causas más comunes de fallas en las instalaciones de gas son:

- Pérdidas de Presión
- Fugas por ausencia de hermeticidad
- Corrosión
- Descargas eléctricas

4.1.2.1. Pérdidas de presión

Estos fenómenos tienen su origen en diversos factores que implican una o varias fallas asociadas, los más comunes son por:

Defectos en los criterios de Diseño

La selección de materiales o diseños no apropiados para las presiones, temperaturas y productos químicos que se manejan dentro de la instalación, el componente mal seleccionado, la deficiencia en los cálculos y parámetros de diseño y operación, generan la escogencia de materiales de menor capacidad o resistencia a las condiciones de trabajo. Trayendo como consecuencia la clase de fallas en las tuberías de las instalaciones de gas que se analizan en este trabajo de grado.

Manipulación Impropia de los materiales

Esta es una de las causas principales de fallas prematuras. Los materiales con los que se fabrican tuberías y accesorios deben manejarse con un protocolo establecido de manipulación si esto no ocurre pueden presentar signos de deterioro como el agrietamiento, o mostrar quebraduras, rayados o quiebres que se convierten en causa inmediata de falla.

4.2.1.2. Fugas por ausencia de hermeticidad

Instalación Incorrecta de tuberías y accesorios.

El ensamble de las tuberías, los accesorios, válvulas y demás aparatos que se localizan a lo largo de la instalación es básico; particularmente cuando se enfrentan las caras de la tubería, estas deben estar exactamente al mismo nivel, una diferencia de paralelismo entre ellas genera una conexión forzada de uno o los dos tubos, que podría provocar una falla de contacto entre ellas, una fractura de los componentes en accesorios, uniones o adaptadores, afectando los sellos, o un desgaste prematuro derivado del aumento de la fuerza adicional de cierre en las caras.

Mala Instalación de empaques:

Otra causa común es la omisión de la colocación de los elementos de sellado (empaquetaduras), en las caras de contacto, o un apriete inapropiado de las bridas o de las roscas de los accesorios de la instalación.

Las anteriores causas de falla generalmente conducen a que se presenten eventos de fugas o pérdidas de presión.

Existen algunos otros causales de fallas que inciden en las condiciones de trabajo ideal de una instalación industrial de gas combustible que tienen que ver con otros fenómenos como la corrosión

4.2.1.3. Fallas por corrosión

So Á (2013) indica que La corrosión es un fenómeno presente en el medio ambiente y las industrias, especialmente en la del petróleo/gas y los ambientes marinos y costeros. Esto se debe a que las propiedades físicas, químicas, biológicas, mecánicas, térmicas y corrosivas de estos fluidos (gas natural en el caso particular), afectan la resistencia a la corrosión de

los elementos de las instalaciones industriales y de obra civil. El gas natural se obtiene de pozos de petróleo y se transporta por tuberías de acero inoxidable. Este en la mayoría de las veces se extrae junto con agua salada o salobre y gases corrosivos: principalmente ácido sulfhídrico (H₂S) y dióxido de carbono (CO₂). El componente principal es el metano (CH₄), además contiene otros hidrocarburos ligeros. El producto obtenido se purifica para eliminar los contaminantes, luego se transporta en ductos de acero pero la purificación no es totalmente efectiva quedando remanentes que afectan la integridad física de las tuberías. De acuerdo a conceptos tecnológicos y económicos, los métodos más idóneos para el control de la corrosión de los ductos son la protección catódica, los revestimientos y los inhibidores de corrosión.

Según Cortés Carrión (2001) *“La corrosión puede causar una falla catastrófica de la cual, también se debe considerar el impacto ambiental o pérdidas materiales y humanas que ocasionaría dicha falla.*

(...)Los tipos de corrosión y defectos principales que podemos encontrar en los materiales con los que se fabrican los ductos para el transporte, distribución y almacenamiento de gas natural son:

- a) Corrosión generalizada de tipo atmosférico.*
- b) Corrosión generalizada de tipo gálvanico*
- c) Corrosión localizada por picaduras.*
- d) Corrosión microbiológica (Corrosión asistida por bacterias)*
- e) Corrosión – erosión.*
- f) Agrietamiento inducido por corrosión”*

Corrosión de tipo atmosférico

Este tipo de corrosión es ocasionada por el medio ambiental en donde se haya la instalación, tales como aire, gases, vapores. Esta forma de corrosión es una de las mayores causas de falla en las tuberías. Se pueden clasificar por los medios circundantes y el tipo de contaminantes que allí se encuentren, o por las condiciones de humedad presentes en el ambiente.

Corrosión generalizada de tipo galvánico.

La corrosión de tipo galvánico produce una disminución del espesor de las paredes de una tubería por defectos en labores de mantenimiento preventivo. Se sucede una



Ilustración 6. VÁLVULA CON EFECTOS DE CORROSIÓN. China, corrosión y protección de la red. Autor. Li Lingshan.

Corrosión localizada por picaduras

Este tipo de corrosión tiene la particularidad de que se presenta de manera focalizada, esta forma de falla resulta más difícil de observar y evitar. Su evidencia es la formación de pequeñas “cazuelas”. El daño al metal es acelerado y en sitios específicos mientras el resto del cuerpo metálico permanece inmune.

Las picaduras son el tipo de corrosión localizada más común en medios acuosos. Podría ser más común en tuberías enterradas, ya que están ligadas a la humedad del suelo y este es un agente perfecto para desencadenar la corrosión de este tipo. A pesar que cuando aparece interesa sitios puntuales mas tarde suele crecer hasta invadir toda la pieza.

Corrosión microbológica

Llamada corrosión asistida por bacterias, es provocada por bacterias que se pueden encontrar tanto en el ambiente en que se encuentra la tubería como en los componentes del material del cual está construido. Estos organismos aceleran el proceso electroquímico.

Se puede clasificar en corrosión anaeróbica y aeróbica en ausencia y presencia de oxígeno respectivamente. Esta corrosión es generalmente localizada y su aspecto es variante.

Corrosión por erosión

Este tipo de fenómeno resulta más complejo pues se da como resultado de la acción combinado entre la erosión por impacto de partículas sólidas y la disolución del metal por algún agente corrosivo. Generalmente este daño causa grandes daños en tuberías de la industria del gas natural y del petróleo, ya que el daño producido por sinergia entre la disolución del metal y el impacto de sólidos resulta superior a la suma de ambos. Cuando este tipo de daño ocurre se repara retirando el área corroída y metal base y generando un disminución en los espesores de las tuberías

Algunas veces el ataque corrosivo puede ser muy puntualmente localizado, al ser removidos los focos de corrosión que la zona erosionada es metal base por lo cual la tubería queda expuesta siendo esto una causa de otras fallas como la reducción en el espesor de la estructura. La corrosión por erosión se da principalmente por la combinación de un agente corrosivo con el desgaste o erosión del material, este tipo de efecto se encuentra en los codos de tuberías, tuberías pequeñas o tanques con fluido estancado principalmente.

Agrietamiento inducido por corrosión

Es la combinación de un esfuerzo mecánico sobre un material que está expuesto a un medio corrosivo o agresivo como: sales, bacterias, minerales, ácidos que en conjunto hacen una falla y dan como resultado el agrietamiento en dicho material.

4.2.1.4. Descargas eléctricas

Para Cortés Carriñon:

“Las fallas por descargas eléctricas están asociadas a la corrosión, fallas de sistemas eléctricos, daños mecánicos e impactos de rayos y la ausencia o un deficiente sistema de puesta a tierra.

La descarga eléctrica es un fenómeno que hace que circule una corriente eléctrica repentina no deseada y momentánea entre dos objetos con diferente potencial eléctrico;

Las corrientes indeseadas momentáneas que pueden causar daño al equipo electrónico o a las personas siendo incluso fatales.

En las instalaciones industriales de gas existen sistemas de tuberías colocados sobre la superficie o elementos metálicos de la estación que pueden ser energizados y por lo tanto requieren un sistema de puesta a tierra.

Hay que ser bastante acuciosos con el estado de los sistemas de puesta a tierra pues estos suelen dejar de ser útiles después de cierto tiempo, con algunas las causas que ya se mencionaron antes como la corrosión, convirtiéndose en otro tipo de falla eléctrica”.

5. NORMATIVIDAD VIGENTE PARA LA ELABORACIÓN DE LA GUÍA DE VERIFICACIÓN.

Las siguientes son las normas técnicas, tanto expedidas por el ICONTEC, por la ASTM y otras entidades internacionales a las cuales se hace referencia en este capítulo. En caso de conflicto, prevalecerá lo establecido en las NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS.

La normatividad colombiana vigente para poder elaborar la guía de verificación es muy amplia, desde leyes de la república, resoluciones ministeriales, normas técnicas colombianas y como soporte, las normas extranjeras que se han tomado como modelo en Colombia

5.1. LEYES COLOMBIANAS

De las leyes de la República se deben mencionar:

- Ley 142 de 1994 de Servicios Públicos, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Esta ley reglamenta la prestación de los servicios públicos en Colombia, siendo el gas un servicio público queda enmarcado el servicio dentro de esta ley.
- Resolución 90902 de 2013 Instalaciones internas de gas combustible. En razón de esta resolución se crea la necesidad de elaborar la guía de verificación.
- Resolución No 90708 de Agosto 30 de 2013
- Resolución CREG 059 Revisiones Periódicas

5.2. NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS

- NTC 4282 Instalaciones para suministro de gas destinada a usos industriales.
- NTC 2505 Instalaciones para suministro de gas destinado a usos residenciales y comerciales.
- NTC 3527 Gases de ensayo, presiones de ensayo y categorías de los artefactos de gas.
- NTC 39349 Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible.
- NTC 3728 Gasoductos líneas de transporte y distribución de gas
- NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano

6. PRUEBAS MANDATORIAS

6.1. PRUEBA DE HERMETICIDAD

El gas natural es un fluido que se transporta dentro de tuberías sometido a presiones; por lo tanto implica que el medio que utiliza para transportarse presente y conserve siempre buenas condiciones de operabilidad y mantenimiento, de lo contrario estas instalaciones se convierten en un riesgo potencial de escape y explosión dada la naturaleza combustible del gas. Es esta la razón por la cual se deben practicar pruebas de hermeticidad a las tuberías que constituyen la instalación para el suministro de gas a una planta de tipo industrial.

Las posibles causas de fugas de gas desde las tuberías de las instalaciones son:

1. Causadas por la intervención del hombre: generalmente ocurren por malas prácticas cuando se intervienen estructuras cerca a las tuberías de gas pudiendo generar daños sobre estas.
2. Causadas por daños en los materiales: estos materiales constitutivos de la propia tubería pueden verse afectados muy comúnmente en el momento mismo de la construcción de la red e instalación de la misma.

La totalidad de instalaciones construidas con el propósito de almacenar, transportar, conducir y utilizar gas natural deben ser puestas a prueba para determinar la hermeticidad.

Esta prueba se puede realizar con diferentes compuestos: aire, dióxido de carbono, de hecho con el mismo gas natural, pero nunca con oxígeno, pues este es un excelente carburante y residuos de él mezclados con el gas pueden formar mezclas explosivas. Mas sin embargo cabe anotar que si la prueba de hermeticidad se va a realizar sobre tuberías que trabajen a altas presiones es aconsejable utilizar únicamente aire por el peligro que conlleva cualquier fuga.

“El sistema de tuberías debe resistir la presión de prueba especificada sin presentar ninguna evidencia de fugas u otros defectos. Cualquiera reducción de las presiones de prueba como las indicadas en los manómetros deben ser consideradas como indicadores

de la presencia de fugas”NTCP 4282 Instalaciones para suministro de gas destinadas a usos industriales 5.2.2. Prueba de Fuga



Ilustración 7. PRUEBA DE HERMETICIDAD. Revesgal - España

6.2. PRUEBA DE PRESIÓN

En la NTC 4282 (Instalaciones para suministro de gas) se establece que

“Las instalaciones tuberías, tanques y accesorios deben ser inspeccionadas y probadas para asegurar que la clase de material, el diseño escogido, la fabricación y montaje corresponden con los exigido en la normatividad vigente. Estas Inspecciones pueden ser visuales en el proceso de montaje o después de este, o durante las pruebas de presión.

Los valores de presión se obtienen con un manómetro, el compresor o bomba debe retirarse de la instalación antes de iniciar las lecturas de presión.

La presión de prueba no debe ser menor que 1 ½ veces la máxima presión de operación del sistema y su duración no debe ser menor a media hora por cada 14 m³.

La prueba consiste en elevar la presión al rango necesario en el tramo a probar, conectando una fuente de presión para inyectar aire o gas inerte, controlándola presión mediante los manómetros adecuados al rango de presión de la prueba, una vez se alcanza el nivel de presión necesario para la realización de la prueba se deja transcurrir el tiempo preciso para que se estabilice la temperatura y se toma lectura de la presión que indica el elemento de medida, comenzando en este momento el período de ensayo”.



Ilustración 8. PRUEBA DE INSTALACIÓN DE GAS QUE PRESENTA CORROSIÓN. Fuente: Fabian Mangarreto.

Igualmente, en la citada Norma (NTC 4282) Paralelamente, se maniobrarán las llaves intermedias para verificar si que se encuentren totalmente cerradas. Una vez cumplido el tiempo de la prueba, procurando que durante este período la temperatura se mantenga lo más estable posible, se tomará de nuevo lectura de la presión en el aparato de medida y se comparará con la lectura inicial, dándose como correcta la prueba si no se observa disminución de la presión en el período de ensayo.

En el supuesto de que la prueba de estanquidad no dé un resultado satisfactorio, es decir, que se observara una disminución de presión, deberán localizarse las posibles fugas utilizando agua jabonosa o un producto similar, corregirse las mismas y repetir la prueba.

6.3 CONTROL DE CORROSIÓN

Según Álvarez (2013)

“Los reportes de inspección de corrosión generalmente se limitan al producto que se detecta por inspección visual. Este criterio no permite visualizar su origen, a menos que se identifique el tipo de corrosión, lo que determinará el mecanismo por medio del cual se ha generado el producto”.



Ilustración 9. CORROSIÓN VISUALIZADA POR SIMPLE INSPECCION. Fuente Inpralatina

“Si a la identificación del tipo de corrosión adicionalmente se le reporta el nivel de afectación al material en el lugar donde se presenta, se puede visualizar la corrosividad, referente a la relación entre la resistencia del material y la agresividad del ambiente que origina la reacción para la formación corrosiva que se pretende reportar. El entorno puede medirse siguiendo los factores que lo componen: Temperatura, humedad, pH,

presión y el trabajo mecánico que se presenta en las tuberías (en el caso particular) o en las superficies afectadas”.

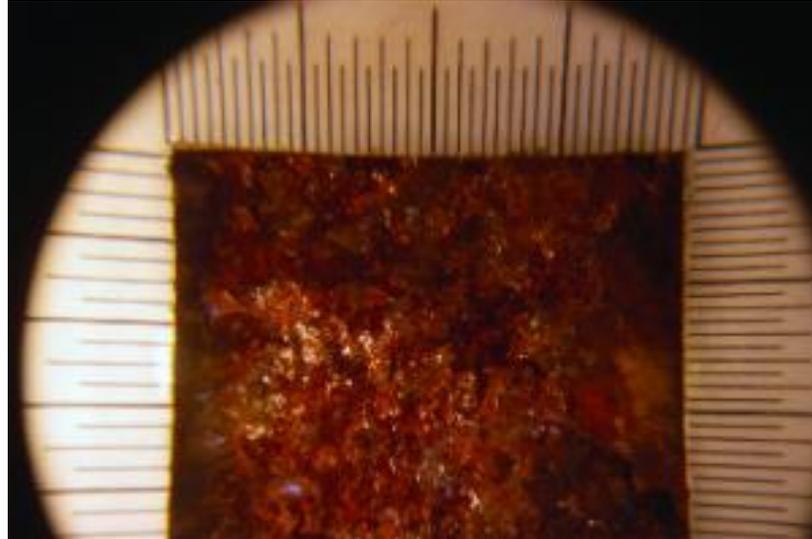


Ilustración 10. CORROSIÓN OBSERVADA A TRAVÉS DE UNA LENTE. Fuente. Impralatina.com

La temperatura es el catalizador de toda reacción química, por esta razón es muy importante observar su comportamiento y afectación en la generación del fenómeno de corrosión. Las temperaturas de trabajo, de seguridad, de almacenamiento, las velocidades de calentamiento o de enfriamiento, los ciclos de temperatura, los choques térmicos pueden esclarecer el origen de la corrosión e incluso hallar la solución o la recomendación para que el fenómeno no se vuelva a presentar en mucho tiempo

La humedad en la ecuación de la producción del fenómeno no deseado representa el electrolito que da lugar al circuito electroquímico causante de la corrosión, por lo cual se debe conocer la concentración e identificación. Los valores de la humedad incluyen las conducciones de vapor, del líquido, las concentraciones de soluciones acuosas y su comportamiento con respecto a la variación de concentración, como la evaporación y la volatilidad.

Determinar el pH permite establecer el tipo de reacción que se lleva a cabo para la formación de la corrosión y la importancia en la selección del material para cada tipo de

ambiente. La reactividad de los materiales y el comportamiento de ellos con la variación del pH hacen que en la selección de los métodos de control éste sea un dato determinante del medio para efectos de cálculos.



Ilustración 11. APLICACIÓN DE MÉTODOS CONTRA LA CORROSIÓN.

Para Álvarez (2013)

“La presión debe considerar la presión barométrica, la del ambiente y la presión de los fluidos y como se comportan dentro de los elementos de transporte (tuberías) como de recipientes (tanques), se debe tener en cuenta la dinámica de los fluidos y su variación.

El trabajo mecánico que se presenta en los elementos afectados también es factor para determinar la probabilidad de que ocurra algún tipo de corrosión. Pueden presentarse de tipo cíclico, interno, o si hay cambios de sección como juntas, ensambles o traslapos con variabilidad de materiales. De aquí se puede deducir que tipo de reacción se presenta.

Por ejemplo la velocidad de los fluidos transportados: que sea flujo laminar o turbulento, determina diferentes tipos de corrosión originados por distintos mecanismos.

Luego de evaluar las variables presentes en cada reporte de corrosión, se someterá a consideración la evaluación del sistema de control de corrosión que se haya aplicado, lo que dará luces acerca de la razón de la falla, de un modo por razones cualitativas tipo de recubrimiento, o de otro por especificaciones o cumplimiento de norma, tipo de material, resistencia química del recubrimiento, efectividad del inhibidor, porosidad de la película protectora”.



Ilustración 2. APLICACIÓN DE PELÍCULA PROTECTORA

6.3.1. COMPROBACIÓN DE LAS ACCIONES PARA EVITAR LA CORROSIÓN

Para evidenciar la presencia o no del fenómeno de la corrosión existen pruebas o ensayo de tres clases:

a) Ensayos no destructivos

Ultrasonido: a través de una onda de alta frecuencia se verifican los espesores de las paredes de la tubería, y pueden detectar algunos defectos como el pitting.

Sistemas de medición de corrosión en tiempo real: Son equipos electrónicos que miden algunas características del fluido, como pH, conductividad eléctrica, y potencial electroquímico, determinando la corrosividad.

b) Ensayos destructivos

Cupones: Exposición de la muestra mediante cupones que se van oxidando durante un determinado tiempo. Después estos cupones se pesan y miden y se determina la pérdida de material en función del tiempo.

c) Visual

Inspección Visual del personal de mantenimiento que evalúa la corrosión atmosférica, pero además posibles grietas, pitting y otros tipos de corrosión.

d) Ensayos de Laboratorio

Análisis de metalográfico: Que evalúa defectos internos del material y/ pérdida o transformación de alguna fase.

6.3.2. TIPO DE PROTECCIÓN

a) Protección Pasiva: Anódica. Aislamiento de los elementos del sistema evitando entrar en contacto con el medio ambiente. Las formas de aislamiento son:

- ✓ Encintado (ej. Polyken u otros)
- ✓ Recubrimiento con materiales inertes
- ✓ Polietileno y polipropileno de alta densidad (tricapa)

✓ Materiales dieléctricos

b) Protección Activa: Que puede ser por protección anódica o catódica. En cualquiera de los dos casos aporta corriente de protección al metal expuesto para incrementar el potencial electroquímico y evitar la corrosión. En la protección anódica la corriente la suministra un material de sacrificio. En la catódica, la corriente es suministrada por un generador.

6.4. PRUEBAS DE PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN.

El sistema de puesta a tierra es una de las medidas de protección que garantizan un alto nivel de seguridad en las instalaciones. El SPT cubre el sistema eléctrico y las estructuras que en el evento de una sobretensión instantánea o eventual pueden ocasionar una falla.

La puesta a tierra se basa en la propiedad de que las cargas eléctricas siempre intentarán alcanzar valores energéticos mínimos para estar en equilibrio. La tierra es el punto de potencial cero, masa o energía mínima que mejor se adapta a los requisitos de las instalaciones eléctricas, siendo utilizada como tensión de referencia o tensión neutra.

Este sistema permite que en cualquier punto del sistema tanto interior o exterior, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos a tensiones de paso de contacto o transferidas, que superen los límites máximos que puede soportar una persona, cuando se presente una falla (RETIE art. 15 SPT).

TANQUE DE GAS

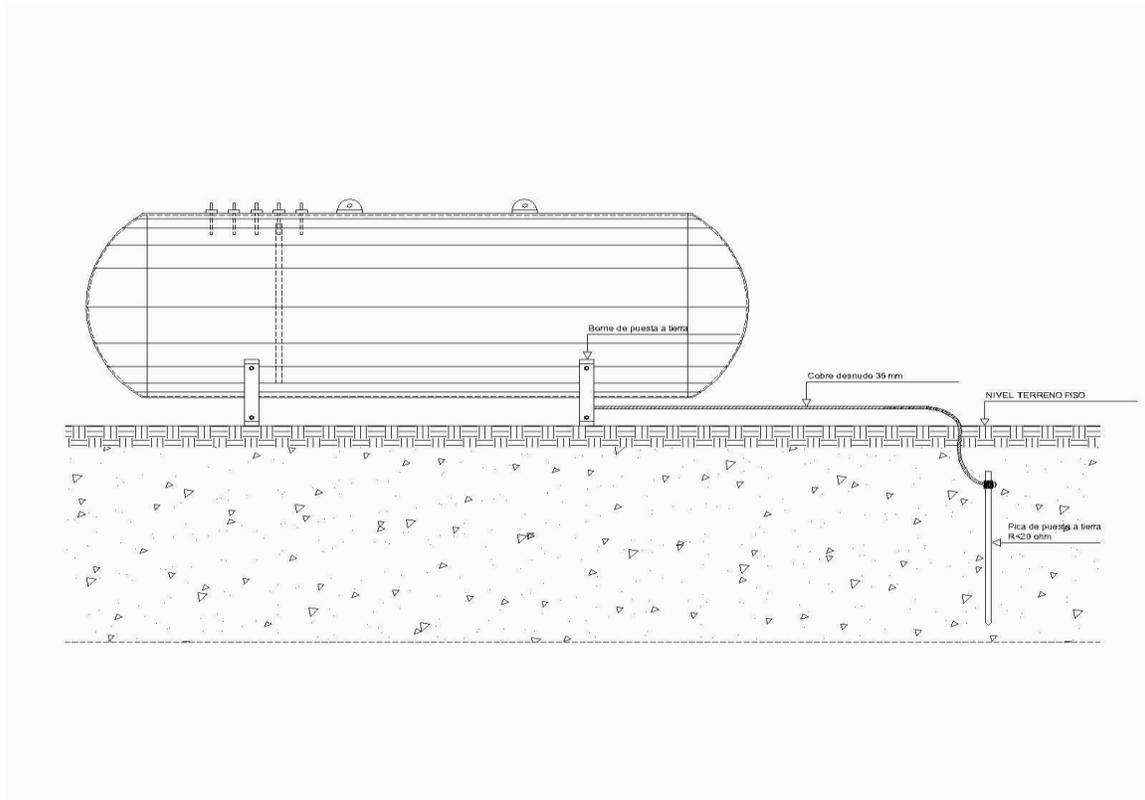


Ilustración 13. ESQUEMA DE CONEXIÓN DE SISTRMA DE PUESTA A TIERRA EN INSTALACIÓN DE GAS. Fuente. Fenpa.es/rebt/gas/pto3.htm



Ilustración 14. BORNE DE PUESTA A TIERRA DE INSTALACIÓN DE GAS. Fuente. Fenpa.es/rebt/gas/pto3.htm

6.4.1. Funciones de un Sistema de Puesta a Tierra

- Garantizar condiciones de seguridad a operarios y empleados
- Permitir que los equipos de protección eléctrica despejen las fallas
- Conducir y disipar las corrientes de falla

Esto se obtiene al realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y los puntos de referencia de los equipos.

6.4.2. Pruebas a realizar

Las prueba que debe realizarse como parte de la inspección la medición de la resistencia de puesta a tierra. Esta se puede determinar por diferentes maneras. A continuación se describen los métodos mas comunes de medir el SPT dadas las condiciones de las instalaciones industriales de gas.

- Método de Caída de Potencial
- Método de la Pendiente
- Medida de resistencia de puesta a tierra sobre pavimentos o suelos de concreto

Es importante resaltar que la resistencia de puesta a tierra debe ser probada antes de la puesta en funcionamiento de un sistema eléctrico, como parte de la rutina de mantenimiento o como parte de la verificación de un sistema de puesta a tierra.

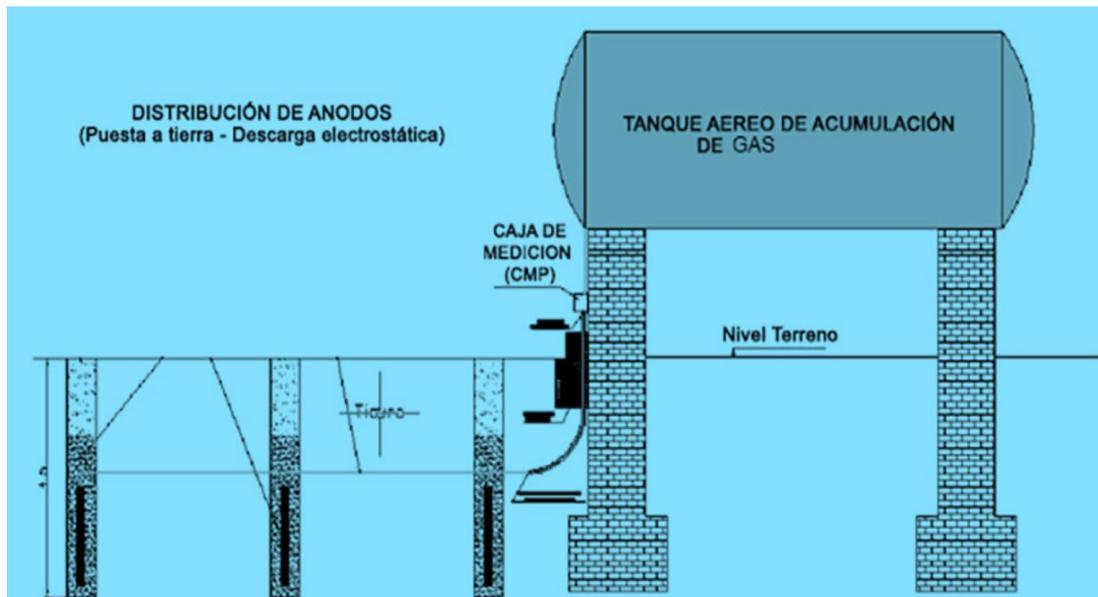


Ilustración 15. DIAGRAMA DE PUESTA A TIERRA EN TANQUE DE GAS. Fuente. elektrokorrosion.com.ar/soluciones-y.servicios/

6.4.2. Pruebas a realizar

Las pruebas que deben realizarse como parte de la inspección son:

- Medición de la resistencia de puesta a tierra.
- Ensayos de equipotencialidad

La resistencia de puesta a tierra debe ser probada antes de la puesta en funcionamiento de un sistema eléctrico, como parte de la rutina de mantenimiento o como parte de la verificación de un sistema de puesta a tierra.

El método más comúnmente utilizado es el de caída de potencial. Este utiliza tres electrodos, el electrodo de puesta a tierra que es el mismo sistema a medir (A), el electrodo auxiliar de potencial (P2) y el electrodo auxiliar de corriente (B). La prueba consiste en circular una corriente entre el sistema de puesta a tierra (A) y un electrodo de corriente auxiliar y medir la tensión entre ellos.

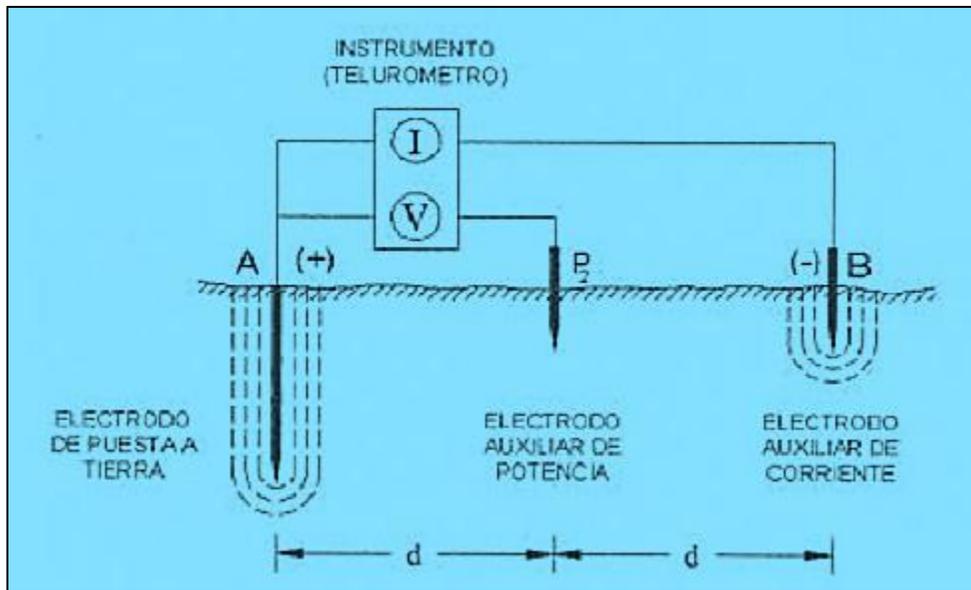


Ilustración 16. ESQUEMA DE PUESTA A TIERRA. Fuente.

Fuente: Medición de la resistencia de puesta a tierra. &source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0ah UKewj00Ludi-zKAhUCRCYKHUxiDvUQ_AUIBygB&biw=1093&bih=514#imgrc=VpJu6d1ITfCp6M%3A

Para evitar la influencia entre los tres electrodos, el electrodo de corriente auxiliar (P2) debe colocarse a una distancia considerable del sistema medio (A). Usualmente ésta distancia debe ser mínimo 6.0 veces a la distancia mayor del sistema entre A y B que se está evaluando.

El electrodo auxiliar de potencial (P2) se ubicará en la dirección que considere quien realice la prueba. La distancia (d) a la cual se localiza el electrodo de corriente (B), es de 62% de la distancia entre A y B. Este valor no resulta ser arbitrario y corresponde a la posición establecida para medir la resistencia exacta del electrodo entre A y B, para un suelo con características de resistividad homogénea equivalente al 61.8%.

La ubicación del electrodo de potencial (P2) es determinante para establecer si el sistema de puesta a tierra está cumpliendo su función. Esta ubicación debe estar libre de influencias del sistema de puesta a tierra evaluado y del electrodo auxiliar de corriente. La forma más directa de determinar si el electrodo de potencial está fuera de la zona de influencia de los electrodos, es obtener varias lecturas de resistencias moviendo el electrodo de potencial en varios puntos entre la puesta a tierra evaluada y el electrodo

de corriente. Varias lecturas consecutivas aproximadamente constantes pueden considerarse como representativas del valor de resistencia verdadera.

La equipotencialidad consiste en equilibrar las cargas eléctricas de los materiales conductores existentes, para eliminar las diferencias de potencial entre ellos. Estas diferencias provocan campos eléctricos alternos o corrientes parasitas siendo una de las mayores causas de riesgo para la salud y la seguridad humana en la instalación.

Este equilibrio se establece a través de conductores como una red que logra un nivel común de carga de todos los elementos conductores que se encuentran en la instalación (radiadores, sistemas de tuberías metálicas, estructuras metálicas, etc.).

El ensayo de equipotencialidad intenta evaluar la unión eléctrica de los elementos metálicos que conforman la instalación, para asegurar la capacidad de conducir de forma segura cualquier corriente.

Se usa una conexión en forma de estrella, evitando a toda costa una en serie para no sobrecargar los elementos.

En la instalación de gas existen diferentes niveles de equipotencialidad. Unos en los elementos conductores propios de la red, otros en la conexión del pararrayos hasta llegar borne principal de tierra y otro en la línea de enlace para efectuar la puesta a tierra.

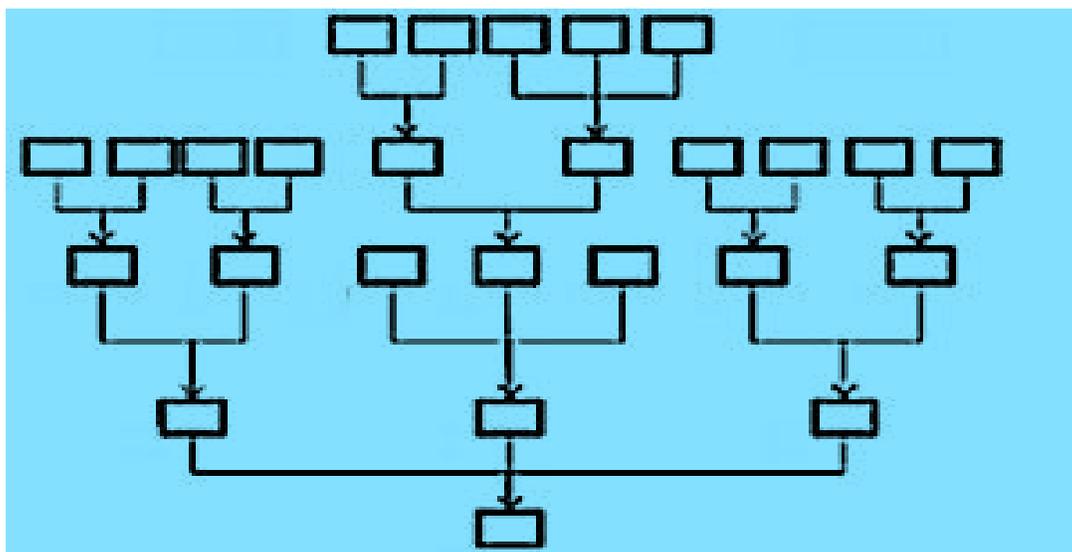


Ilustración 17. ESQUEMA DE CONEXIÓN DE CONDUCTORES EQUIPOTENCIALES. Fuente. baubiologers.wordpress.com/2015/08/01/equipotencial-y-toma-de-tierra-parte-1-de-2/

Según el Proyecto de Norma Técnica Colombiana NTC DE 389/03 “*Las Corrientes Espurias (Spurious o Straight o Telluric Currents)*. Son corrientes que circulan en el terreno o en conductores conectados a dos puntos puestos a tierra, sometidos a una diferencia de potencial.”

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, Juan Manuel. *CRITERIOS DE INSPECCIÓN DE CORROSIÓN*. 2013. Recuperado de <http://www.inpralatina.com/201311282932/articulos/proteccion-de-superficies-y-control-de-corrosion/criterios-de-inspeccion-de-corrosion.html>

CADENA VELASQUEZ, Hugo Armando. *DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE FALLAS PRESENTADAS EN SELLOS MECÁNICOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS*. Universidad Veracruzana. 2011. Recuperado de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29524/1/CadenaVelazquez.pdf>

CORROSIÓN. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n>

CORTÉS CARRIÓN, Cindy Monserrat. *ANÁLISIS DE INTEGRIDAD DE DUCTOS*. Universidad Veracruzana. 2011. Recuperado de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32502/1/cortescarrion.pdf>

MORA GUTIERREZ, Alfredo. *MANTENIMIENTO, PLANEACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL*. 2009. Alfaomega Colombiana S.A.

NORMA TÉCNICA “*MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA*”. Recuperado de www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/normas_y_especificaciones/normas_aereas/grupo_6_Normas_de_montajes_complementarios/RA6-015MEDIDADERESISTENCIA_V3.pdf

NTC 2505. *INSTALACIONES PARA SUMINISTRO DE GAS CUARTA ACTUALIZACIÓN*

NTC 3527. *GASES DE ENSAYO, PRESIONES DE ENSAYO, Y CATEGORÍA DE ARTEFACTOS*

NTC 3949. *GASODUCTOS, ESTACIONES DE REGULACIÓN DE PRESIÓN PARA LÍNEAS DE TRANSPORTE*

NTC 4282. *INSTALACIONES DE GAS PARA USOS INDUSTRIALES*

REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Recuperado de <http://www.retc.cl/>

REGLAMENTO TECNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS 2014

Edición Publicada por la Corporacion Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico Colombiano – CIDET. Cuarta Edición Agosto 30 de 2013

Edición tomada de la Resolución 97708 de Agosto de 2013, Expedida por el Ministerio de Minas y Energia, publicada en el Diario Oficial 48904 del 5 de septiembre de 2013.

SO Á, Valdez Salas B, Schorr Wiener M, Carrillo Beltrán M, Ramos Irigoyen R, Curiel Alvarez M. *MATERIALES Y CORROSIÓN EN LA INDUSTRIA DE GAS NATURAL*. En Valdez Salas B, & Schorr Wiener M (Eds.). *CORROSIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL*. BARCELONA, España: OmniaScience; 2013. pp. 87-102.