

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE GAS Y
PETROQUÍMICA**



**“PRODUCCIÓN DE ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE
CÍTRICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS
NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO”**

RESOLUCIÓN HCC N° 165/2021

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

Ing. Ruddy Simón Machicado Osco
Univ. Ana Carola Chura Baltazar
Univ. Mery Mamani Callizaya

EL ALTO – BOLIVIA
2022

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico
RECTOR

Dr. Efraín Chambi Vargas Ph.D
VICERRECTOR

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Nicolás Quenta Ticona
DIRECTOR DE CARRERA (a.i.) DE LA CARRERA DE INGENIERIA DE GAS Y PETROQUIMICA

REGISTRO SENAPI: Resolución Administrativa NRO. 1-2966/2022

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre 2022
El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

Tarea Irrelevante de la universidad. La Constitución Política del Estado, establece y garantiza el desarrollo de la ciencia y la investigación científica, técnica y tecnológica en beneficio del interés general. Asimismo, indica que el Estado, las universidades, las empresas productivas y de servicios, públicas y privadas, desarrollaran procesos de investigación, innovación, promoción, divulgación, aplicación y transferencia de ciencia y tecnología para fortalecer la base productiva e impulsar el desarrollo integral de la sociedad (Art. 103, numeral I, II y III); y por otra, la Universidad Pública de El Alto (UPEA) tiene constituido en su Estatuto Orgánico el Carácter Científico Institucional y tiene como misión no solamente la de formar profesionales capaces a requerimiento de la población, sino al amparo de la Ley de leyes del país tiene la de fomentar la ciencia y la investigación técnica y tecnológica para coadyuvar al desarrollo integral del país.

En el marco anterior, la UPEA expresa en su Plan Estratégico de Desarrollo Institucional PEDI, que es una necesidad la de fomentar procesos de investigación científica a nivel de la Comunidad Universitaria, promoviendo la generación de nuevos conocimientos, ciencia, desarrollo, tecnología e innovación, para un aporte inmediato y permanente al desarrollo sostenible del país. La UPEA, institución que promueve la ciencia y la investigación a través de la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICyT) y sus Institutos de Investigaciones, en este caso particular desde el Instituto de Investigaciones de la Carrera de Ingeniería de Gas y Petroquímica, proyecta ser un brazo articulador para investigaciones que coadyuven al rol de la industria de gas y petroquímica.

Por tanto, la UPEA a través de la Carrera de Ingeniería de Gas y Petroquímica coadyuva al desarrollo del sector hidrocarburos del país, enfocados en procesos que permiten la separación primaria (gas, petróleo crudo y agua) y secundaria (deshidratación, removido de petróleo crudo, adulzamiento, criogenización), y otros procesos especializados como extracción de combustibles líquidos y otros. El

Instituto de Investigaciones de ésta carrera ha tomado muy en serio este tema de investigación y ha avanzado exitosamente el desarrollo del proyecto ***“PRODUCCIÓN DE ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE CÍTRICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO”*** liderado por el **Ing. Ruddy Simón Machicado Osco** y apoyada por las auxiliares de investigación universitarias: **Ana Carola Chura Baltazar** y **Mery Mamani Callizaya**, quienes en trabajo en equipo han logrado concluir la investigación de obtener un recubrimiento anticorrosivo a partir de residuos cítricos para la prevención y el control de la corrosión, aplicado en la alimentación de redes primarias de gas natural en la ciudad de El Alto. El efecto antioxidante de los polímeros extraídos de residuos cítricos inhibe la corrosión electroquímica del acero al carbono empleado en gasoductos, que en corto y mediano plazo pueden ser muy útiles.

Finalmente, el proyecto pretende identificar en base a las variables descritas y los estudios de relevamiento propuestas para la producción de anticorrosivos a partir de residuos de cítricos hoy es abordada desde la universidad.

M.Sc. Ing. Nicolás Quenta Ticona
DIRECTOR a. i.
CARRERA - INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Primeramente, agradecer a toda el Área de Ciencia y Tecnología por haber impulsado al desarrollo de la investigación a través del Instituto de Investigaciones de la Carrera de Ingeniería de Gas y Petroquímica a cargo del ing. Nicolas Quenta, quien nos orientó de manera loable en el ámbito de la ingeniería investigativa no convencional que fue clave para el planteamiento de una hipótesis de un producto experimental empírico. Quiero agradecer las universitarias investigadoras Mery Mamani Callizaya que puso empeño en la parte lógica de la investigación metodológica y a Ana Carola Chura Baltazar por haber participado con mucho ímpetu en las pruebas experimentales muestreando las probetas de oxidación. También agradecer a nuestra casa de estudios superiores la Universidad Pública de El Alto (UPEA) que a través de la DICYT impulsan la investigación a través de su plantel docente especializado.

Ing. Ruddy Simón Machicado Osco
INVESTIGADOR PRINCIPAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA

INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCION	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	2
1.4. JUSTIFICACIÓN	2
CAPITULO II: MARCO TEORICO	4
2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO	4
2.1.1. El Fenómeno de la Corrosión en los Metales	4
2.1.2. Recubrimientos Anticorrosivos	8
2.1.3. Polifenoles como Anticorrosivo	11
2.1.4. Normativa en Aceros para el Transporte de Gas	11
2.2. MENCION DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA	15
2.2.1. Estudios Nacionales	15
2.2.2. Estudios Internacionales	18
2.3. MENCION DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES	32
2.4. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR	34
2.5. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES	35
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	37
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.3.1. Variables Independientes	39
3.3.2. Variables Dependientes	39
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.4.1. Definición de la Población	40
3.4.2. Definición de la Muestra	40
3.5. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	41
3.6.1. Técnica Experimental	41
3.6.2. Instrumentos	42

3.7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.7.1. Recolección de Materia Prima.....	42
3.7.2. Caracterización de la Materia Prima	44
3.7.3. Lavado y Pesado	44
3.7.4. Reducción de Tamaño	46
3.7.5. Deshidratación de las Cascaras	47
3.7.6. Mezclado con Disolvente para su Extracción	48
3.7.7. Filtración del Extracto	49
3.7.8. Separación del Disolvente de los Fenoles	49
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	51
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA EN LABORATORIO.....	51
4.1.1. Composición Porcentual de Cáscaras y Pulpa por Tipo de Cítrico.....	51
4.1.2. Porcentaje de Humedad y Volátiles en Cáscaras Fraccionadas Expuestas a Secado Solar	52
4.1.3. Porcentaje de Humedad y Volátiles Retenidos en Cáscaras Fraccionadas, Presecadas Solarmente y Expuestas a Secado Artificial.....	52
4.2. BALANCE DE MATERIA.....	53
4.2.1. Lavado.....	53
4.2.2. Extracción	54
4.2.3. Filtración.....	55
4.2.4. Separación	56
4.3. APLICACIÓN DE LOS INHIBIDORAS A UNA PLANCHA DE METAL	57
4.3.1. Preparación de las Probetas.....	57
4.3.2. Aplicación de los Inhibidores a las Probetas	58
4.3.3. Aplicación de la Solución para la Oxidación.....	59
4.3.4. Seguimiento al Proceso de Corrosión	60
CAPITULO V: CONCLUSIONES	68
5.1. OBTENCIÓN DE FENOLES.....	68
5.2. ACCIÓN INHIBIDORA DE LOS POLIFENOLES	68
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	70
Bibliografía	71

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: El ciclo de la corrosión.....	4
Ilustración 2: Clasificación de los inhibidores de corrosión de acuerdo con su origen	33
Ilustración 3: Recolección de restos de cáscara y pulpa de vendedores de jugos....	43
Ilustración 4: Cascaras de naranja recolectadas	44
Ilustración 5: Lavado y pesado de las cascaras de naranja.....	45
Ilustración 6: Fraccionamiento de cáscaras y restos de pulpa	46
Ilustración 7: Deshidratación de las cascaras de naranja	47
Ilustración 8: Mezclado con disolvente etanol.....	48
Ilustración 9: Filtrado de la disolución	49
Ilustración 10: Separación y recuperación del etanol.....	50
Ilustración 11: Proceso de lavado de las cascarás.....	53
Ilustración 12: Proceso de extracción	54
Ilustración 13: Proceso de filtración.....	55
Ilustración 14: Proceso de separación	56
Ilustración 15: Elaboración de las probetas	58
Ilustración 16: Probetas con los inhibidores de oxidación	59
Ilustración 17: Probetas con los inhibidores de oxidación	60
Ilustración 18: Fotografías de seguimiento al proceso de corrosión	61
Ilustración 19: Área oxidada en la probeta Aceite N., semana 3	63
Ilustración 20: Área oxidada en la probeta Aceite N – Aceite C., semana 3	63
Ilustración 21: Área oxidada en la probeta Blanco, semana 3	64
Ilustración 22: Área oxidada en la probeta Barniz, semana 3.....	64
Ilustración 23: Área oxidada en la probeta Spray, semana 3	65
Ilustración 24: Área corroída en la probeta Blanco, semana 3	66
Ilustración 25: Progreso de la oxidación en las probetas	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Serie galvánica para algunos metales y aleación comunes	6
Tabla 2: Especificaciones técnicas de diseño	13
Tabla 3: Especificaciones técnicas de Construcción	14
Tabla 4: Especificaciones técnicas de selección de materiales.....	15
Tabla 5: Enfoque Cuantitativo, características, fortalezas y alcances	35
Tabla 6: Composición de la naranja, variedad producida en Alto Beni.....	51
Tabla 7: Pesos de la cascará antes y después del lavado y balance.....	53
Tabla 8: Balances de extracción	54
Tabla 9: Balances de la etapa de Filtración	55
Tabla 10: Balances de la etapa de separación.....	57
Tabla 11: Medición del área oxidada en las probetas, semana 3	65
Tabla 12: Seguimiento a la severidad de la oxidación y corrosión en las probetas ..	66

RESUMEN

Entre las materias primas amigables con el medio ambiente, se pueden mencionar muchas de origen natural, que han tenido una gran utilidad en diferentes campos de la industria química, tales como los frutos cítricos, de los que se puede obtener un recubrimiento natural, extraído de forma comercial de la cáscara. En este sentido, la investigación obtiene un recubrimiento proveniente de residuos críticos, que actúa como anticorrosivo en el metal que constituye los gasoductos utilizados en la red de distribución primaria en la ciudad de El Alto.

La investigación ha empleado cascaras de naranja, fruta que se comercializa en los mercados populares de la ciudad de El Alto, caracterizándola como materia prima en laboratorio para después procesarla a fin de extraer las olefinas empleando disolvente metanol, y posteriormente emplear el extracto separado como inhibidor de corrosión aplicado en probetas de metal de acero al carbón.

Para la cuantificación del proceso de oxidación, se ha utilizado una técnica diagramática determinando el porcentaje del área del metal que ha sido oxidado. Con las fotografías sacadas a las probetas, se determina el área no oxidada empleando software libre ImageJ (ver1.5.3), para el procesamiento digital de imagen.

Los resultados indicaron que se puede obtener un recubrimiento anticorrosivo a partir de residuos cítricos para la prevención y el control de la corrosión, que podría ser aplicado en la alimentación en los oleoductos de redes primarias de gas natural.

ABSTRACT

Among the environmentally friendly raw materials, many of natural origin can be mentioned, which have been very useful in different fields of the chemical industry, such as citrus fruits, from which a natural coating can be obtained, extracted from commercial form of the shell. In this sense, the research obtains a coating from critical waste, which acts as an anticorrosive in the metal that constitutes the gas pipelines used in the primary distribution network in El Alto city.

The research has used orange peels, a fruit that is sold in the popular markets of El Alto city, characterizing it as a raw material in the laboratory and then processing it in order to extract the olefins using methanol solvent, and later using the separated extract as an inhibitor. corrosion applied to carbon steel metal specimens.

For the quantification of the oxidation process, a diagrammatic technique has been used, determining the percentage of the area of the metal that has been oxidized. With the photographs taken from the test tubes, the non-oxidized area is determined using free software ImageJ (ver1.5.3), for digital image processing.

The results indicated that an anticorrosive coating can be obtained from citrus residues for the prevention and control of corrosion, which could be applied in the feed in the oil pipelines of primary natural gas networks.

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector del transporte de hidrocarburos se enfrenta a una variedad de problemas técnicos, los cuales requieren de soluciones prácticas, efectivas y de bajo costo. En este sentido, se tiene antecedentes de problemas debidos a la corrosión en los oleoductos y gasoductos.

La industria del GN es una parte vital de la industria del petróleo, ambos sectores primordiales de la infraestructura de Bolivia, y de manera particular para la ciudad de El Alto, con vocación industrial, que aloja a más de un polígono industrial. Estos sectores sufren de problemas críticos relacionados con corrosión y polución puesto que los contaminantes aceleran la corrosión y los productos de corrosión, como la herrumbre, contaminan los cuerpos de agua. Esta situación obliga a desarrollar y aplicar ingeniería y tecnología de anticorrosión para los gasoductos.

El GN húmedo, que contiene una mezcla de H_2S y CO_2 , es corrosivo hacia el acero al carbono (CS), por lo cual se neutraliza con compuestos, de carácter alcalino. Para la transmisión del gas se utilizan aleaciones resistentes a la corrosión (CRAs por sus siglas en inglés), por ejemplo, aceros inoxidables austeníticos UNS S31603 y UNS N08815 para los ductos, bombas y equipamiento.

Los ductos fabricados de acero al carbono juegan un papel económico importante por su empleo para el transporte y conducción de muchos tipos de fluidos: aguas potables y servidas, petróleo crudo y combustibles derivados, lodos de minerales de hierro y en particular para la transmisión de gas natural. Estas tuberías operan en su gran mayoría enterradas en el suelo y se detectan por las instalaciones adicionales como son bombas, válvulas y estaciones para el control de protección catódica.

Estos ductos sufren eventos de corrosión, a veces fatales con daño a la propiedad cuando ocurren explosiones. Los accidentes causados por corrosión interna,

estadísticamente, constituyen el 36%, mientras que el 64% es debido a corrosión externa (Beavers & Thompson, 2006).

El empleo de recubrimientos derivados del petróleo conlleva un impacto ambiental en la a lo largo de la cadena productiva de los mismos y en su disposición final. Es necesario dar soluciones innovadoras y no convencionales a estos problemas tan importantes.

1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Obtener un recubrimiento anticorrosivo a partir de residuos cítricos para la prevención y el control de la corrosión, aplicado en la alimentación de redes primarias de gas natural en la ciudad de El Alto.

1.3. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

El efecto antioxidante de los polifenoles extraídos de residuos cítricos, inhibe la corrosión electroquímica del acero al carbono empleado en gasoductos.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El fenómeno de la corrosión en los metales genera problemas frecuentes en la industria química, petrolífera, petroquímica, construcción civil, automovilística, entre otras. Como resultado de esto, la economía resulta afectada por costos elevados a causa de la corrosión y se estima que corresponden del 2 al 4% del PIB de un país industrializado (Meza Castellar, Tejada Tovar, Benítez Contreras, Vélez Díaz, & Villabona Ortiz, 2016), lo que muestra la importancia de realizar investigaciones en este campo.

El empleo de recubrimientos es una de las técnicas más utilizadas para el control y prevención de la corrosión, debido a su bajo costo, disponibilidad, facilidad de aplicación y mantenimiento. Las materias primas para la fabricación de estos recubrimientos, son derivados del petróleo, lo que conlleva un impacto ambiental en proceso de producción, utilización y durante su desecho, debido a que contiene compuestos orgánicos volátiles, que pueden originar enfermedades para el ser

humano y contribuyen a la contaminación ambiental (Meza Castellar, Tejada Tovar, Benítez Contreras, Vélez Díaz, & Villabona Ortiz, 2016). Es necesario realizar investigaciones para la obtención de recubrimientos donde se recurran a materias primas amigables con el medio ambiente.

El uso de material orgánico como materia prima en la fabricación de diversos recubrimientos aplicados para la prevención y control de la corrosión en las diferentes industrias, y las grandes cantidades de poliestireno expandido (Icopor) que se desechan después de ser utilizadas, han generado gran controversia a nivel mundial debido a los efectos nocivos que tienen sobre la salud humana y el medio ambiente.

El uso de anticorrosivos de origen natural, el cual es extraído de la cascara de cítricos como la naranja, y que ha demostrado, de acuerdo a diversas investigaciones, una alta capacidad aislante en superficies metálicas con el propósito principal de inhibir la oxidación del metal. Aprovechando esta propiedad, surge la idea de obtener un recubrimiento anticorrosivo a partir de residuos cítricos para gasoductos de la red primaria en la ciudad de El Alto.

La Carrera de Ingeniería de Gas y Petroquímica de Universidad Pública de El Alto, dado a su nivel de calidad y prestigio, puede impulsar el desarrollo de este tipo de proyectos, no solo por el impacto económico del problema, sino también con la garantía de crear nuevos vínculos o fortalecer los que posea la universidad con las diferentes empresas e industrias en el sector. Es por esto que, a nivel local, en el campo de la petroquímica, se justifica realizar investigaciones sobre la formulación de anticorrosivos de origen no convencional, como los residuos de los cítricos, no solo con el fin del control de la corrosión, sino también de reducir la contaminación y así comprobar la hipótesis sobre la efectividad del anticorrosivo a estudiar.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.1. El Fenómeno de la Corrosión en los Metales

“En la naturaleza, el hierro aparece formando parte de numerosos minerales, entre los que destacan la hematita (Fe_2O_3), la magnetita (Fe_3O_4), la limonita ($\text{FeO}(\text{OH})$), la siderita (FeCO_3), la pirita (FeS_2) y la ilmenita (FeTiO_3), entre otros. Sin embargo, una vez que en el alto horno se ha recuperado el metal hierro como elemento libre (Fe), la energía que esta especie acumuló durante su producción tiende a ser liberada. Tarde o temprano, el metal regresa a su forma más estable formando alguno de los óxidos” (Vázquez, 2018, pág. 10).

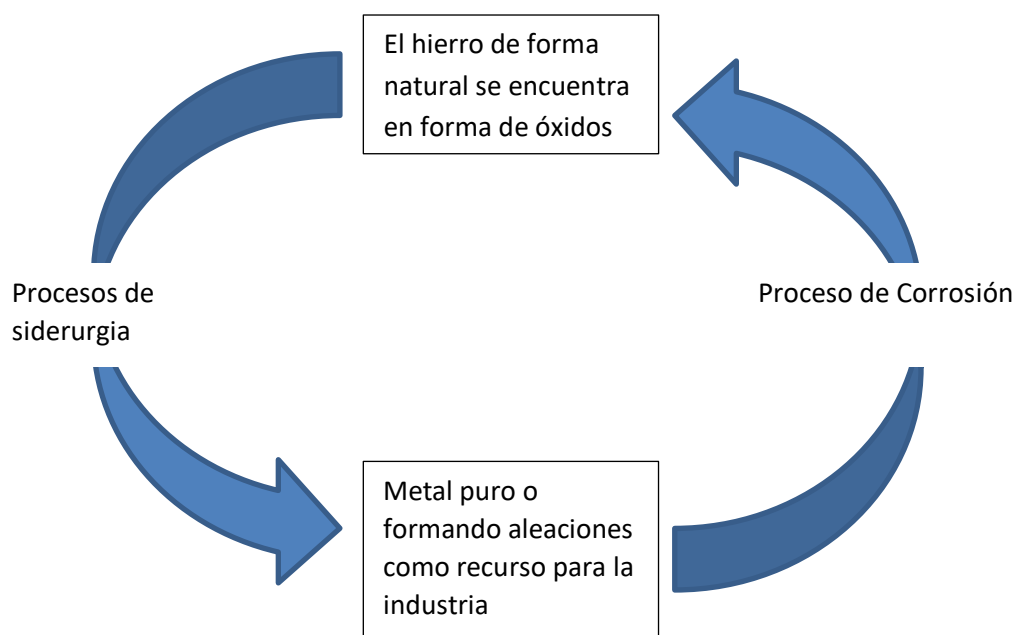


Ilustración 1: El ciclo de la corrosión

Fuente: Elaboración propia con base en la descripción de Vázquez, 2018

El ciclo que se inició con el mineral, a partir del que se extrajo el metal, termina cerrándose cuando el metal se corroe y vuelve a convertirse en óxido.

Condiciones en las que la corrosión se acelera:

- Ambiente marino; debido a la sal disuelta en la bruma y vientos
- Ambientes muy húmedos, con temperaturas altas
- Áreas industriales donde prevalece la lluvia ácida.

Corrosión microbiológica:

Existen muchísimos tipos de bacterias diferentes en sistemas ambientales diferentes, y algunas bacterias son participantes en los procesos de corrosión.

Las bacterias aparecen muchas veces asociadas a casos severos de corrosión, tanto en estructuras enterradas como sumergidas. Muchas bacterias, producen ácidos como resultado de su proceso respiratorio. Las bacterias sulfatoreductoras, son particularmente agresivas, ya que generan ácido sulfhídrico y este compuesto es especialmente dañino para la mayoría de los aceros.

Un caso bien documentado, es el de un gasoducto que transportaba gas natural que el 9 de agosto de 2000 estalló en llamas en Nuevo México (EE.UU.). Normalmente, se los entierra en zanjas a aproximadamente 1 metro de profundidad y excepcionalmente, los tendidos van sobre la superficie. La causa fue un importante problema de corrosión en la pared del gasoducto, que avanzó hasta perforarlo (Vázquez, 2018).

Agua acida:

El grado de acidez del agua puede determinar la probabilidad de que ocurran problemas de corrosión.

Los contaminantes disueltos en el aire por el parque automotor y las fábricas, son generalmente de naturaleza ácida, y arrastrados por la lluvia, aceleran el deterioro por corrosión de estructuras metálicas expuestas a la intemperie (Vázquez, 2018).

Metales disímiles en contacto:

La denominada corrosión galvánica ocurre cuando dos metales disímiles entran en contacto eléctrico se produce un proceso en el que uno de los metales se corroe muy rápidamente.

El potencial electroquímico define la susceptibilidad o la resistencia de un material metálico a la corrosión, cuyo valor, varía en dependencia de la composición del electrolito. Cuanto más positivo sea el valor de dicho potencial, más noble (resistente) es el material. Mientras que, en el caso contrario, cuanto más negativo sea este, más reactivo es el material a la corrosión (Salazar Jiménez, 2015).

La serie galvánica consiste es una tabla donde se ubican diferentes tipos de materiales respecto al potencial electroquímico de estos.

Tabla 1: Serie galvánica para algunos metales y aleación comunes

Metal
Platino
Oro
Plata
Acero Inoxidable
Aleaciones de Níquel-cobre
Cobre
Bronce
Níquel
Estaño
Acero
Cadmio
Aluminio
Magnesio
Zinc

Fuente: Salazar Jiménez, 2015

Condiciones necesarias para la corrosión:

- Un metal propenso a la corrosión ubicado en los dos tercios superiores de la tabla anterior.
- Una especie que acepte los electrones liberados por el metal.
- Un medio líquido que pueda disolver iones.

Tipos de aceros:

En términos generales, podemos mencionar las siguientes categorías (Alvarado Rodriguez, s.f.):

Aceros al carbono, Además de carbono, estos contienen menos de 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre.

Aceros aleados, Los aceros aleados contienen una pequeña proporción de ciertos elementos que participan de la composición de la aleación (aleantes minoritarios) como vanadio y molibdeno entre otros, además de más cantidad de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono.

Aceros ultra-resistentes de baja aleación, Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados por que contienen menores cantidades de los elementos más caros. Sin embargo, son muy resistentes porque se los somete a un tratamiento especial, no tanto por su composición química.

Aceros inoxidables, Los aceros inoxidables contienen no menos de un 10% de cromo, además de níquel y otros elementos de aleación, que les confieren la propiedad que los identifica: su gran resistencia a la oxidación, aún en ambientes húmedos, ácidos y químicamente agresivos.

Efectos de la Corrosión:

Los efectos económicos de la corrosión pueden subdividirse entre los que se consideran directos y los que son indirectos.

- Los efectos directos son aquellos que afectan la vida útil del bien fabricado con el metal, y que pueden perjudicar su servicio o condiciones de operación, a veces en tal grado que en un caso extremo debe ser remplazado por otro nuevo.
- Los costos indirectos de la corrosión incluyen algunos aspectos económicos, pero también costos asociados a problemáticas ecológicas y sociales.

Formas en las que se manifiesta la corrosión:

En general existen muchas maneras en que la corrosión se presenta. A continuación, se listan las conocidas (Vázquez, 2018):

- Corrosión generalizada
- Picado
- Corrosión galvánica
- Corrosión intergranular
- Corrosión bajo tensiones
- Corrosión erosión
- Dealeado
- Fragilización por hidrógeno
- Corrosión microbiológica

2.1.2. Recubrimientos Anticorrosivos

Agentes formadores de película, resina epóxica

La química de los recubrimientos está íntimamente ligada a las sustancias filmógenas, ya que constituyen el componente fundamental en la formulación para obtener productos con propiedades pre-establecidas con el fin de satisfacer las condiciones que determinan el sustrato y el medio ambiente. Los materiales formadores de película también llamados ligantes, son polímeros o bien pre-polímeros que forman una película cohesiva sobre un sustrato y que tienen como función aglutinar adecuadamente los pigmentos y extendedores luego del secado/curado. El ligante a aglutinante se selecciona, desde un punto de vista

técnico económico, considerando las características del sustrato (naturaleza química, estado de la superficie, etc.), la acción agresiva del medio de exposición (acidez, o alcalinidad, radiación UV, etc.) las exigencias físico-mecánicas de la película (dureza, resistencia a la erosión y a los impactos, etc.), los requerimientos de preparación de la superficie previos (grado de limpieza, rugosidad, etc.), las condiciones de aplicación y secado / curado (humedad relativa, temperatura, etc.) la expectativa de comportamiento en servicio (vida útil con mínimo o nulo mantenimiento, costo de materiales y mano de obra involucrada, etc.).

Solventes

Este tipo de material tiene como objetivo en la pintura dar una viscosidad optima según el método de aplicación que se debe utilizar. Los solventes se utilizan además para solubilizar las resinas y regular la velocidad de evaporación. La utilización de co-solventes, los cuales no solubilizan al ligante es frecuente en la formulación de pinturas como materia prima para disminuir los espesores secos de película, pero sin alterar la viscosidad final del producto. Dependiendo del uso final de los recubrimientos se debe seleccionar cuidadosamente la mezcla de solventes que balancee el proceso de formación de película nivelado, libre de imperfecciones en la superficie. Para esto, los hidrocarburos alifáticos se pueden utilizar solamente en una cantidad muy limitada; por su parte el tolueno o el xileno son buenos disolventes de resinas epóxicas de bajo peso molecular mientras que las cetonas, esterres y éteres de glicol son convenientes para las resinas epóxicas de pesos moleculares intermedios. En lo referente a las cetonas, esterres y esterres de glicol se emplean usualmente para resinas con elevado grado de polimerización.

Aditivos

Son productos que se dosifican en pequeñas cantidades para facilitar el proceso de fabricación de la pintura, aportan características concretas a la pintura luego de ser aplicada, crean las condiciones adecuadas para el secado y para estabilizar la pintura en el periodo de almacenamiento, dentro de este grupo de productos se encuentran humectantes y dispersantes para facilitar el mojado de los pigmentos y

cargas, y su posterior dispersión y estabilización; espesantes, que se utilizan para obtener una consistencia determinada; agentes reológicos, para dar perfiles pseudoplásticos y/o tixotrópicos; inhibidores de corrosión, que tiene como objetivo proteger el sustrato donde se aplica la pintura.

Este aditivo, en general puede ser, cualquier constituyente de una fase cuya presencia no es esencial para que suceda un proceso electroquímico, pero que produce un retardo del mismo, modificar el estado superficial del material metálico. La inhibición de la corrosión se logra al controlar la velocidad de corrosión de un metal por la adición de pequeñas cantidades de una sustancia inhibidora dispersa en la pintura que disminuye o previene la reacción del sustrato metálico con los iones agresivos del medio corrosivo.

En general, los inhibidores orgánicos tienen una acción catódica y anódica, con la propiedad de ser adsorbidos por el sustrato.

Los inhibidores orgánicos tienen una particularidad, algunos tienen comportamiento anódico otros catódicos y en ocasiones comportamiento mixto, pero esto no se puede asegurar para todo tipo de inhibidores, estudios realizados por C. Dariva et al. indican que lo único que se puede afirmar es que los inhibidores orgánicos forman una película hidrofóbica sobre la superficie metálica la cual puede interactuar ya sea por quimisorción o fisorción.

Parámetros de formulación

En cualquier formulación existe una relación entre pigmento y resina, que puede expresarse en distintas formas. La relación puede ser en peso o en volumen o puede expresarse en forma de concentración de uno de los elementos sobre el total de la formulación. Así mismo, estas relaciones se pueden expresar en referencia a la pintura líquida o el film seco. Cada una de estas posibilidades permite tener una idea de cómo será el producto formulado. Normalmente se determinan dos relaciones, pigmento/resina y concentración de pigmento en volumen (PVC). La relación PVC (por sus siglas en inglés pigment volumen concentration), nos da una

información importante sobre la composición física del film seco. La concentración de pigmento expresada en volumen calculada sobre el total del film seco se puede establecer en porcentaje mediante la fórmula:

$$PVC = \frac{\text{Volumen de pigmento}}{\text{Volumen de pigmento} + \text{Volumen de resina}} \cdot 100\%$$

2.1.3. Polifenoles como Anticorrosivo

El cultivo de cítricos, es uno de los más comerciales e importantes en el mundo; incluye naranjas, mandarinas, limones, limas y pomelos los cuales recibieron interés en su cultivo en las últimas décadas (Ordoñez Gómez, Reátegui Díaz, & Villanueva Tiburcio, 2018).

El proceso de industrialización de cítricos genera subproductos como cáscara y semilla que son considerados como desperdicios, produciendo cantidades muy grandes de desechos. La cáscara es descartada como desecho que contiene una amplia variedad de productos secundarios con actividad antioxidante (Ordoñez Gómez, Reátegui Díaz, & Villanueva Tiburcio, 2018), esta representa una rica fuente de polifenoles. El uso de residuos como fuente de polifenoles y antioxidantes puede tener considerable beneficio económico para los procesadores de alimentos (Soma & Genitha, 2014).

En cuanto al conocimiento sobre el contenido de polifenoles y actividad antioxidante en cáscara de cítricos producidos en la región, existe poca información disponible.

2.1.4. Normativa en Aceros para el Transporte de Gas

Las características de las tuberías de acero al carbón para la construcción de gasoductos, aparecen en las recomendaciones publicadas por el Instituto Americano de Petróleo (API), como también la norma del Código ASME B31.8.

De acuerdo a la norma ASME B31.8, el material principal que se emplea para la construcción de los gasoductos es el acero al carbono de alta resistencia debido a

que puede soportar altas presiones y resistencia a la corrosión (Andarcia Garcia & Molina Robles, 2013).

La razón principal por la cual se utilizan tuberías de acero al carbono, es que estas reúnen un conjunto de propiedades físicas, químicas, mecánicas y térmicas que las hacen tener un mayor índice de confiabilidad, duración y fácil instalación lo que conlleva a un menor costo de instalación y mantenimiento. Los estándares internacionales que regulan el uso de tuberías de acero al carbón para transporte de gas, establecen valores de las propiedades mínimas necesarias a satisfacer.

Se considera que en la norma 814.11 la tubería de acero manufacturada de conformidad con lo siguientes estándares, podrá ser usadas sin problemas en la transportación del gas (Andarcia Garcia & Molina Robles, 2013), dentro de estas se encuentran las siguientes:

- ASTM A 53 Tubería Soldada y Sin Costura.
- ASTM A 106 Tubería Sin Costura.
- ASTM A 134 Tubería Soldada por Electro-Fusión (Arco).
- ASTM A 135 Tubería Soldada por Electro-Resistencia.
- ASTM A 139 Tubería soldad por Electro-Fusión (Arco).
- ASTM A 333 Tubería sin Costura y Soldada para Servicio a Baja Temperatura.
- ASTM S 381 Tubería Soldada por Arco de Metal.
- ASTM A 671 Tubería Soldada por Electro-Fusión.
- ASTM A 672 Tubería Soldada por Electro-Fusión estos elementos son ocasionales y normalmente no se los determina ni reporta.
- API 5L Tubería de Línea.

Estándares de tubería

El Sistema de Transporte para Usos Propios, cumplirá con las características y especificaciones establecidas en las normas oficiales nacionales e internacionales aplicables, y para todo lo no previsto por éstas, se cumplirá con las especificaciones

técnicas establecidas por el Código ASME B31.8 “Gas Transmission and Distribution Piping Systems” de los Estados Unidos de América, las cuales se utilizan internacionalmente en las instalaciones de tuberías para la conducción de gas (criteriocapacitacion, 2020).

En esta sección se incluyen las especificaciones del diseño, construcción, para la selección de materiales (tuberías, válvulas, conexiones para estaciones de regulación y medición del gas) del sistema de transporte para usos propios. A continuación, las especificaciones técnicas de diseño.

Especificaciones Técnicas

a) De Diseño

Tabla 2: Especificaciones técnicas de diseño

Especificación	Descripción	Justificación
Código ASME B31.8: Sistemas de tuberías de conducción y distribución de gas. Secciones 833, 841.13	Base de ingeniería con los requerimientos mínimos de seguridad en el diseño y construcción de tuberías operando a presión de diseño.	Este código ha sido empleado en Norteamérica, inclusive antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares.

Fuente: Código ASME B31.8, Tuberías de Transporte y Distribución de Gas Natural

En relación a la **Tabla 2**, se observa que para el diseño de las tuberías de conducción y distribución de gas se debe cumplir las especificaciones que se encuentran dentro del código ASME B 31.8 especialmente en las normas de la sección 833 al 841.13, en las cuales se encuentran los requerimientos mínimos de seguridad para el diseño de las misma.

b) De Construcción

Tabla 3: Especificaciones técnicas de Construcción

Especificación	Descripción	Justificación
Código ASME B31.8: Sistemas de tuberías de conducción y distribución de gas. Secciones 833, 841.13	Base de ingeniería con los requerimientos mínimos de seguridad en el diseño y construcción de tuberías operando a presión de diseño.	Este código ha sido empleado en Norteamérica inclusive antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares.
ASME: A53 Reglas de construcción de recipientes a presión: Sección VIII.	Establece bases de diseño en seguridad y protección para la fabricación y la inspección de recipientes como; filtros, trampas y otros recipientes a presión	Este código es el único aceptado para recipientes y accesorios a presión instalados en sistemas de tuberías.
API-RP5L1: Recomienda prácticas de transporte de tuberías de línea por vías terrestres.	Provee procedimientos de transporte, carga y manejo de tuberías en vehículos de transporte de carga.	La industria del transporte y de la construcción han aceptado las especificaciones para protección del recubrimiento anticorrosivo durante el transporte de tuberías.

Fuente: Códigos ASME B31.8, ASME A53 y API-RP5L1

c) Para la selección de materiales (tuberías, válvulas, conexiones para estaciones de regulación y medición del gas)

Tabla 4: Especificaciones técnicas de selección de materiales

Especificación	Descripción	Justificación
ASTM A-53: Tipos de acero para la fabricación de la tubería de gasoducto.	Materiales y especificaciones de la fabricación del tubo, sin costura, y con soldadura longitudinal, etc. Especificación de la tubería API 5L, Aceros de grados A y B.	Considera el peso del tubo, espesor de pared y otras características que permitan ubicar el tipo de cordón de soldadura y compatibilidad con las conexiones soldables y mencionado en ASME B31.8.

Fuente: Código ASME, Aceros para la fabricación de gasoductos

Los aceros A53 (grados A y B) y A106 (grados A, B y C) son los más utilizados para el transporte de gas por tuberías.

2.2. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA

A continuación, se describe estudios de investigación relacionados al tema que son aportes importantes para desarrollar el proyecto de investigación propuesto.

2.2.1. Estudios Nacionales

En el Ámbito nacional se encontró un estudio elaborado en la Facultad de Tecnología de la UMSA. El estudio es a nivel pregrado para la obtención de la licenciatura.

Título	ELIMINACIÓN DE LA CORROSIÓN GENERADA POR CO ₂ EN LA PLANTA CARRASCO MEDIANTE LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ABSORCIÓN QUÍMICA EMPLEANDO HIDRÓXIDO DE SODIO
Autor	RUDDY DAVID ACARAPI CALLISAYA, 2017

Tipo de documento	PROYECTO DE GRADO
Problemática	
El problema que se pretende solucionar con este proyecto es el de prevenir daños por corrosión ya que el gas natural arrastra desde los yacimientos componentes indeseables como son: el sulfuro de hidrógeno, el dióxido de carbono y agua en fase gaseosa, estos componentes deben de ser eliminados del gas natural ya que pueden producir daños como la corrosión en los equipos o disminuir el valor comercial del gas.	
Objetivo	
Proponer un endulzamiento con hidróxido de sodio, para la eliminación de la corrosión generada por CO₂ en la planta de Carrasco, mediante la simulación del proceso de absorción química del gas natural.	
Resultados	
Mediante el presente proyecto, se pudo obtener la información técnica necesaria, como ser la presión, temperatura, caudal de operación además de la cromatografía de la planta de endulzamiento de gas natural del campo Carrasco y de esta manera llegar a conocer el estado con el cual trabaja la planta de absorción de Carrasco, y así mismo notamos que los parámetros técnicos de operación con los cuales trabaja la planta, llegan a ser similares condiciones técnicas de operación utilizando hidróxido de sodio como solvente absorción. En base al análisis comparativo con la bibliografía necesaria para ambos tipos de endulzamiento con hidróxido de sodio (NaOH) y dietanolamina (DEA), llegamos a comprobar que las condiciones de operación con las cuales se emplea un endulzamiento con hidróxido de sodio NaOH, son similares al endulzamiento que se realiza en la planta de Carrasco. A partir de los parámetros técnicos de operación se llegó a realizar la simulación respectiva con ambos solventes de endulzamiento, hidróxido de sodio y Dietanolamina, al realizar la comparación y la respectiva evaluación de los datos obtenidos, se llega a la conclusión de que el endulzamiento del gas natural con hidróxido llega a ser factible. Mediante las respectivas ecuaciones comprobamos que tanto la rata de circulación y la remoción de gas acido, empleando hidróxido de sodio como solvente de absorción llegan a ser optimas, comparadas con el endulzamiento con aminas de tal manera, es	

considerable el endulzamiento del gas natural del campo Carrasco con el presente solvente.

Además, se realizó el balance de materia en los principales equipos de operación donde demostramos que la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma, y de esta manera llegamos a medir los volúmenes de procesamiento de gas natural del Campo Carrasco, como también determinamos cual es la energía necesaria para un determinado proceso.

Conclusiones

El presente proyecto se recomendaría trabajar con hidróxido de sodio ya que este solvente de absorción trabaja de manera eficiente contra gases ácidos como dióxido de carbono y ácido sulfhídrico y es más basándonos en la bibliografía y en la simulación respectiva damos cuenta que no sería necesario utilizar un tanque flash más bien solo los equipos básicos como son la torre de absorción y regeneración además de un intercambiador de calor y respectivos equipos complementarios además de con un porcentaje en peso mayor de hidróxido de sodio llegamos a trabajar de caudales másicos mucho más elevadas lo cual mejoraría la capacidad de producción de gas natural.

Para el presente proyecto se recomendaría realizar un análisis experimental a pequeña escala la donde se controlen específicamente los siguientes puntos:

- Velocidad de paso del gas.
- Temperatura y presión de operación.
- Relación Estequiométrica Reactivo-Gas.
- Volumen de la Solución Depuradora.
- Temperatura de la Solución Depuradora.

Específicamente estos parámetros son esenciales para la absorción del Dióxido de Carbono presente en el Gas Natural con Hidróxido de Sodio como solvente de absorción.

2.2.2. Estudios Internacionales

En el Ámbito internacional se encontró un estudio elaborado en la Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD DE CARTAGENA en Colombia. El estudio es a nivel pregrado para la obtención de la licenciatura.

Título	OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A PARTIR DE POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO
Autor	ISMAEL DE JESÚS BENÍTEZ CONTRERAS, JORGE ANDRÉS VÉLEZ DÍAZ, 2013
Tipo de documento	PROYECTO DE GRADO
Problemática	
Los problemas generados por la corrosión son frecuentes en muchas actividades, tales como la industria química, petrolífera, petroquímica, naval, de construcción civil, automovilística, conservación de monumentos históricos, entre otras (Gudze y Melchers, 2008; Vashi y Kadiya, 2009). Por esta razón, la economía se ve afectada por enormes costos a causa de la corrosión y se estima que corresponden del 2 al 4% del producto interno bruto de un país industrializado (Huu, 2004; Ahmad, 2006), lo que muestra la relevancia de adelantar investigaciones en este campo.	
Objetivo	
Obtener un recubrimiento anticorrosivo a partir de poliestireno expandido reciclado utilizando limoneno como solvente para la prevención y el control de la corrosión.	
Resultados	
Después de una inspección visual, por su apariencia física (poco chorreado de la superficie) y sus buenas características en el metal base, al revisar la superficie por debajo del recubrimiento, se logró determinar que el mejor recubrimiento fue el que se desarrolló bajo la formulación No. 10, el cual se comparó con el recubrimiento comercial.	
Por ende, con una simple inspección visual, se pudo resaltar el mal comportamiento frente al control de la corrosión del recubrimiento comercial, al compararlo con el recubrimiento obtenido, se observó gran cantidad de óxidos dispersos, así como espacios donde la pintura se desprendió, exponiendo directamente el metal al medio corrosivo, lo que aceleró la formación de óxidos y compuestos ferrosos. Ninguna de las	

16 formulaciones desarrolladas en el presente proyecto presentó ampollamiento, caso contrario a lo que sucedió con el recubrimiento comercial.

En cuanto al porcentaje de superficie corroída, el recubrimiento desarrollado superó ampliamente al recubrimiento comercial, debido a que a las 24 horas la placa No. 10 no presentó oxidación en la superficie, mientras que la placa No. 17 presentó un grado de herrumbre de 5G (oxidación general, que se produce cuando diversos tamaños de manchas de óxido, se distribuyen aleatoriamente a través de la superficie), lo que indicó un 3% de superficie corroída, a las 48 horas la placa No. 10 presentó un grado de herrumbre 9G (oxidación general), lo que indicó un 0.03 % de superficie corroída, mientras que la placa No. 17 presentó un grado de herrumbre de 3G, lo que indicó un 16% de superficie corroída y a las 125 horas la placa No. 10 se destacó sobre la placa No. 17 con un grado de herrumbre de 4G, lo que indicó un 10% de superficie corroída en comparación con un grado de herrumbre 1S (manchas de óxido, que se produjeron cuando la mayor parte de la oxidación se concentró en pocas áreas localizadas de la superficie pintada), correspondiente a un 50% de superficie corroída según la norma ASTM – D 610 – 01, demostrando que el recubrimiento desarrollado a base componentes como el limoneno (solvente natural) y poliestireno expandido (EPS) reciclado, es mucho mejor que el recubrimiento comercial a base de aceite (esmalte), gracias a las acciones conjuntas de los factores altamente influyentes en las propiedades anticorrosivas de dicho recubrimiento.

Conclusiones

En este proyecto de investigación se logró comprobar que el recubrimiento anticorrosivo obtenido a partir de poliestireno expandido y limoneno, es una alternativa para controlar la corrosión y conservar el medio ambiente, lo cual coincide con la literatura consultada a lo largo del proyecto. Además, se demostró que la mejor formulación es la No. 10, ya que, al finalizar el ensayo en cámara de niebla salina, la probeta a la que se aplicó, presentó una buena apariencia física y un porcentaje bajo de superficie corroída.

Al comparar la formulación No. 10 con el recubrimiento comercial, se concluye que el recubrimiento desarrollado posee mejores propiedades para el control de la corrosión, pues la probeta a la que fue aplicada, solo presentó un 10% de superficie corroída, frente

al 50 % de superficie corroída de la probeta a la que se le aplicó el recubrimiento comercial.

El uso del limoneno como componente del recubrimiento es muy importante, ya que, gracias a sus propiedades químicas, es la sustancia principal que brinda las propiedades anticorrosivas, a diferencia de los solventes a base de petróleo, es amigable con el medio ambiente y no causa problemas de salud en los seres humanos.

La utilización de pigmentos como el dióxido de titanio y el óxido de zinc en la formulación de recubrimientos anticorrosivos cobra relevancia gracias a su buena capacidad para absorber radiación electromagnética en la zona de la fracción UV, brindando protección tanto a los sustratos como al propio material formador de película de la pintura, logrando reducir la degradación fotoquímica de las películas aplicada en exteriores. Los pigmentos deben ser agregados en pocas cantidades, debido a que el dióxido de titanio en altas concentraciones posee un alto grado de formación de ampollas, y el óxido de zinc debido a su fuerte alcalinidad genera jabones que endurecen fuertemente la película pero que en elevadas concentraciones también la fragilizan de forma muy sensible.

Fueron resultados inesperados en este proyecto de investigación, las buenas propiedades anticorrosivas del recubrimiento obtenido frente a las propiedades del recubrimiento comercial anticorrosivo utilizado durante el desarrollo de este proyecto, por ser un recubrimiento totalmente innovador, no se esperaron resultados tan sobresalientes, a pesar de las bases que existían sobre el limoneno, el cual posee buenas propiedades como inhibidor de corrosión. Además de las propiedades anticorrosivas, no se esperó una buena adherencia del recubrimiento a las probetas en comparación con el recubrimiento comercial, lo cual se dedujo debido a la formación de ampollas y al fácil desprendimiento del recubrimiento comercial de la placa en la que se aplicó.

Las principales limitaciones que se presentaron durante el desarrollo de este proyecto fueron, la falta de recursos físicos y económicos, lo cual limitó directamente la ejecución de replicas para cada una de las pruebas realizadas a nivel de laboratorio, no solo para el desarrollo de las formulaciones, sino también para el ensayo en cámara de niebla salina, esto con el fin de reducir los errores experimentales. Por estas razones no se llevaron a cabo la evaluación de la viscosidad y del tiempo de secado del recubrimiento.

Por otro lado, se encontraron varios trabajos de investigación, realizados por instituciones públicas y privadas, tanto en idioma castellano como en inglés (y traducidos para el presente estudio). Todos estos estudios fueron revisados y publicados en revistas de ciencia y tecnología reconocidas.

A continuación, se menciona un estudio sobre el proceso de corrosión y los anticorrosivos convencionales.

Título	FACTORES CONDICIONANTES DE LA DURABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PINTURAS ANTICORROSIVAS SOBRE ACERO EN EXPOSICIONES ATMOSFÉRICAS
Autor	J. SIMANCAS y M. MORCILLO, 2021
Tipo de documento	Artículo de revista académica
Descripción del Estudio	
En este trabajo se exponen algunos resultados de una investigación, iniciada hace tiempo en el CENIM, en la que diez sistemas típicos de pintura se expusieron en distintas atmósferas-tipo, con el fin de conocer los factores condicionantes de su durabilidad.	
Resultados	
Los valores medios de los resultados obtenidos en 10 estaciones de exposición atmosférica, en cuanto al grado de oxidación de la superficie pintada y deslaminación del recubrimiento en zonas próximas a la incisión, exhibido por el esquema de pintura al finalizar el período de exposición correspondiente a cada estación.	
Los sistemas de pintura aplicados sobre acero y expuestos a la atmósfera experimentan distintos tipos de deterioro: a) degradación de determinadas propiedades físicas y químicas del recubrimiento por la acción directa del medio atmosférico (cambios de color, pérdida de brillo, enyesamiento, cuarteamiento, etc.), y b) corrosión del acero base en la intercara acero/recubrimiento, manifestándose en forma de ampollamiento del recubrimiento orgánico, aparición de productos de corrosión del acero base en la superficie de la pintura, por rotura de las ampollas debido a la acumulación de productos de corrosión en su interior, y deslaminación del recubrimiento en discontinuidades (incisiones) de la película de pintura.	

Conclusiones

La mayor o menor corrosividad de la atmósfera donde se expusieron los sistemas de pintura ha influido notoriamente en el grado de deslaminación exhibido por el recubrimiento en la zona de incisión.

En cuanto al recubrimiento en sí, los diferentes sistemas no han presentado un comportamiento diferencial en las diferentes atmósferas. No es de extrañar este hecho. El que la atmósfera presente, por ejemplo, un cierto nivel de cloruros procedente del mar, habida cuenta de las lentas trasferencias de este ion a la intercara acero/pintura, no tiene porqué influir decisivamente en el comportamiento de los sistemas de pintura al menos en los primeros 8 años de exposición atmosférica.

En esta consideración hay que exceptuar de nuevo a los sistemas PRZ. La constitución de este tipo de recubrimiento, más parecidos a un recubrimiento de zinc que a un recubrimiento convencional de pintura, los hace, en cuanto a su durabilidad, muy dependientes del grado de corrosividad atmosférica.

A continuación, se mencionan dos estudios sobre investigaciones realizadas en inhibidores de la corrosión no convencionales a partir productos naturales.

Título	PROMETEDORAS ACTIVIDADES ANTIOXIDANTES Y ANTICORROSIVAS DEL ACERO DULCE EN SOLUCIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO 1,0 M POR WITHANIA FRUTESCENS L. ACEITE ESENCIAL
Autor	Abdelfattah El moussaoui, Mariya Kadiri, Mohammed Bourhia, Abdelkrim Agour, Ahmad Mohammad Salamatullah, Abdulhakeem Alzahrani, Heba Khalil Alyahya, Nawal A. Albadr, Mohamed Chedadi, Mouhcine Sfaira y Amina Bari, 2021
Tipo de documento	Artículo de revista académica
Descripción del Estudio	
El presente estudio se realizó para evaluar las actividades anticorrosiva y antioxidante del aceite esencial de Withania frutescens L. En el presente estudio, la extracción del aceite esencial de Withania frutescens L. (Wf-EO) se realizó mediante hidrodestilación antes de caracterizarse por análisis cromatográfico de gases. (GC/MS) y detector de ionización de llama (GC/FID). Se utilizaron cuatro bioensayos para las pruebas de	

antioxidantes, incluido el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), la capacidad antioxidante total (TAC), el poder antioxidante reductor férrico (FRAP) y el blanqueo con β -caroteno. El efecto inhibitor de Wf-EO sobre el comportamiento de corrosión del acero dulce en 1M HCl se llevó a cabo utilizando curvas de polarización y técnicas de espectroscopia de impedancia electroquímica.

Resultados

El rendimiento de Wf-EO fue del 0,46 %, incluidos 175 compuestos identificados por GCMS. El aceite estuvo mayoritariamente constituido por alcanfor (37,86%), seguido de tuyona (26,47%), carvacrol (6,84%), eucaliptol (3,18%) y linalool (2,20%). La actividad anti-radicales libres de Wf-EO fue de $34,41 \pm 0,91 \mu\text{g/ml}$ (DPPH), $9,67 \pm 0,15 \text{ mg/ml}$ (FRAP), $3,78 \pm 0,41 \text{ mg AAE/g}$ (TAC) y $89,94 \pm 1,44\%$ (β - caroteno). El Wf-EO mostró una potente actividad antioxidante en todos los bioensayos utilizados para la prueba. La actividad anticorrosiva, las curvas de polarización y los diagramas EIS indicaron que el Wf-EO exhibió propiedades anticorrosivas y reaccionó como un inhibidor de corrosión adecuado en un medio ácido.

Durante el proceso de adsorción del inhibidor en la superficie del metal - adsorción asistida, el proceso está controlado por la carga residual en la estructura química y el metal inhibidor. La adición creciente de un inhibidor de la corrosión da como resultado una disminución progresiva de la velocidad de corrosión y/o una mejora de la inhibición de la corrosión. La relación entre la concentración de inhibidor y la velocidad de corrosión fue investigada por varios modelos de isothermas. En este sentido, se informó que las isothermas de adsorción comunes utilizadas para ajustar los datos experimentales son Freundlich, Temkin, Langmuir y el modelo cinético-termodinámico de El-Awady.

En el presente trabajo de investigación, los valores de θ correspondientes a diferentes concentraciones de Wf-EO se determinan fácilmente a partir del método EIS (θ_{EIS}), mediante la relación $\eta\%/100$.

Los resultados muestran que todos los coeficientes son cercanos a la unidad con el mejor ajuste proporcionado por el uso del modelo de isoterma de adsorción de Langmuir con R^2 0.9999; mientras tanto, la pendiente de la fórmula correspondiente se desvía ligeramente de la unidad. En consecuencia, el modelo de Langmuir parece ser más apropiado para describir el proceso de adsorción como se informó en trabajos anteriores.

Por el contrario, el recíproco de “y” obtenido del modelo de El-Awady es casi igual a 4 y, por lo tanto, puede sugerir que cuatro moléculas de agua fueron reemplazadas por una de Wf-EO en el proceso de inhibición. A partir de este resultado, se puede concluir que el primero es contradictorio con la hipótesis en la que se basa la isoterma de Langmuir, que establece que una molécula de inhibidor reemplaza a una molécula de agua. Además, el proceso de adsorción de las moléculas de Wf-EO también sigue la isoterma de Temkin, lo que indica la presencia de interacción molecular en la capa adsorbida. Sin embargo, esta hipótesis es prácticamente consistente con el modelo de isoterma de Langmuir y también se confirma por el signo negativo de la interacción intermolecular en la capa de adsorción ‘a’ del modelo de Temkin (Oguzie, 2007). Por lo tanto, es apropiado que el proceso de adsorción investigado en el presente trabajo no pueda ser razonablemente modelado por el modelo de isoterma de Freundlich, aunque los valores de R^2 obtenidos de las gráficas correspondientes fueron buenos.

En resumen, la posibilidad de una adsorción ideal de tipo Langmuir es impensable debido al hecho de que la heterogeneidad de la superficie se evidencia mediante mediciones de EIS donde los exponentes de CPE están lejos de la unidad. Además, una molécula de agua probablemente sería reemplazada por tres o incluso cuatro moléculas de aceite, idénticas o no, como lo atestigua la isoterma de El-Away con la posibilidad de una fuerte interacción entre ellas por referencia a la isoterma de Temkin.

Conclusiones

En este trabajo, arrojamus luz sobre la composición química (GC/MS), las actividades antioxidantes y la actividad anticorrosiva del aceite esencial de *W. frutescens* (Wf-EO), y el análisis anterior y la discusión de los resultados experimentales conducen a las siguientes conclusiones principales:

1. El análisis cromatográfico (GC/MS) de los aceites esenciales (Wf-EO) reveló que *W. Frutescens* es rico en compuestos potencialmente bioactivos con un predominio de β -tujona (26,47 %) y comphor (37,86 %).
2. Cuatro pruebas (TAC, FRAP, DPPH y beta caroteno) confirmaron una alta capacidad antioxidante de Wf-EO incluso a bajas concentraciones.

3. Wf-EO actúa como un buen inhibidor de corrosión para acero C en solución de HCl 1.0M.
4. Las mediciones de PP indicaron que el mayor valor de cambio de potencial obtenido es del orden de 74 mV, lo que indica que Wf-EO actúa como un inhibidor de tipo mixto con predominio del carácter anódico.
5. Los datos del EIS mostraron que la corrosión del acero C se controla principalmente mediante la transferencia de carga en una superficie heterogénea e irregular.

Título	EFFECTO DE LOS EXTRACTOS DE FRUTAS DE ALGUNOS INHIBIDORES DE CORROSIÓN VERDE AMBIENTALMENTE BENIGNOS SOBRE LA CORROSIÓN DEL ACERO DULCE EN SOLUCIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO
Autor	AMBRISH SINGH, V. K. SINGH, M. A. QURAISHI, 2010
Tipo de documento	Artículo de revista académica
Descripción del Estudio	
La inhibición de la corrosión del acero dulce en solución de ácido clorhídrico por el extracto de frutos de Shahjan (<i>Moringa oleifera</i>), Pipali (<i>Piper longum</i>) y naranja (<i>Citrus aurantium</i>) ha sido estudiada mediante pérdida de peso, espectroscopia de impedancia electroquímica, polarización potenciodinámica y técnicas de polarización lineal. También se estudió el efecto de la temperatura, el tiempo de inmersión y la concentración de ácido sobre el comportamiento frente a la corrosión del acero dulce en 1M HCl con adición de extracto. La adsorción del extracto sobre la superficie del acero dulce obedeció a la isoterma de adsorción de Langmuir. Los valores de eficiencia de inhibición calculados a partir de la pérdida de peso, la polarización potenciodinámica y la espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS en inglés) concuerdan bien. Se calculó la energía de activación, así como otros parámetros termodinámicos para el proceso de inhibición. La película adsorbida en la superficie de acero dulce que contiene extracto de frutas también se midió mediante espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR en inglés).	
Resultados	
Se encontró que la inhibición aumentaba con el aumento de la concentración del extracto. La eficiencia de inhibición aumenta y, por otro lado, la tasa de corrosión disminuye con	

el aumento de la concentración de todos los extractos de frutas hasta su nivel óptimo, después de lo cual un aumento adicional en la concentración de inhibidor no causó ningún cambio significativo en $\eta\%$ y C_R . El extracto de Moringa oleifera mostró una eficacia máxima de inhibición de 98,2% en HCl a una concentración óptima de 300 ppm. Un aumento adicional en la concentración del extracto no causó ningún cambio significativo en el rendimiento del extracto. Los valores de eficiencia de inhibición porcentual ($\eta\%$) y tasa de corrosión (C_R) obtenidos del método de pérdida de peso a diferentes concentraciones de extracto de frutas a 308.

La EIS mostro que las curvas de polarización mostraron que el extracto de frutas se comporta como un inhibidor de tipo mixto en ácido clorhídrico. Para las gráficas de Nyquist se analizaron ajustando el modelo de circuito equivalente que se usó en otros lugares para describir la interfaz hierro/ácido.

La FTIR mostro que los resultados obtenidos mostraron que el extracto de frutos podría servir como inhibidor eficaz de la corrosión del acero dulce en medio de ácido clorhídrico.

La transición de la interfase metal/solución de un estado de disolución activa a un estado pasivo se atribuye a la adsorción de las moléculas inhibidoras en la interfase metal/solución, formando una película protectora. La tasa de adsorción suele ser rápida y, por lo tanto, la superficie del metal reactivo está protegida del entorno agresivo.

El proceso de adsorción puede ocurrir a través del reemplazo de moléculas solventes de la superficie del metal por iones y moléculas acumuladas en las cercanías de la interfaz metal/solución. Los iones pueden acumularse en la interfase metal/solución en exceso de los necesarios para equilibrar la carga del metal al potencial operativo. Estos iones reemplazan las moléculas de solvente de la superficie del metal y sus centros residen en el plano interno de Helmholtz. Este fenómeno se denomina adsorción específica, adsorción por contacto. Los aniones son adsorbidos cuando la superficie del metal tiene un exceso de carga positiva en una cantidad superior a la necesaria para equilibrar la carga correspondiente al potencial aplicado. Los compuestos aromáticos (que contienen el anillo de benceno) experimentan una adsorción particularmente fuerte en muchas superficies de electrodos. El enlace puede ocurrir entre los átomos de la superficie del metal y el anillo aromático de las moléculas de adsorbato o los grupos sustituyentes de los ligandos. La naturaleza exacta de las interacciones entre una superficie metálica y

una molécula aromática depende de la fuerza de coordinación relativa hacia el metal dado de los grupos particulares presentes.

Conclusiones

1. El extracto de frutas es un buen inhibidor de la corrosión del acero dulce en una solución de 1M HCl. La eficiencia de inhibición aumenta con el aumento de la concentración de extracto de frutas y los valores de $\eta\%$ obtenidos a partir de diferentes métodos empleados concuerdan razonablemente.
2. La adsorción del extracto de frutas en la superficie de acero dulce obedeció a la isoterma de adsorción de Langmuir. La adsorción no es ni fisisorción típica ni quimisorción típica, pero es de naturaleza compleja.
3. Las mediciones de las curvas de polarización indican que el extracto de frutas actuó como inhibidor de tipo mixto.
4. El análisis de reflectancia FTIR mostró que la inhibición de la corrosión del acero dulce se produjo debido a la formación de una película protectora sobre la superficie del metal a través de la adsorción de los constituyentes del extracto de frutas.

A continuación, se mencionan dos investigaciones realizadas sobre inhibidores de la corrosión a partir productos naturales, estos productos son hojas del naranjo y las cascaras de naranja.

Título	EXTRACTOS DE HOJAS DE CITRUS AURANTIUM COMO INHIBIDOR SOSTENIBLE DE LA CORROSIÓN DEL ACERO DULCE EN ÁCIDO SULFÚRICO
Autor	KARIM H. HASSAN, ANEES A. KHADOM, NOOR H. KURSHED, 2016
Tipo de documento	Artículo de revista académica
Descripción del Estudio	
Se investigó la inhibición de la corrosión del acero dulce en 1M H ₂ SO ₄ en ausencia y presencia de extractos de hojas de Citrus aurantium (Naranja agria) como un inhibidor amigable. El efecto de la temperatura, el tiempo y la concentración de inhibidor se estudiaron mediante la técnica de pérdida de peso.	

Los inhibidores orgánicos separados de la extracción orgánica de plantas y extractos vegetales, estos extractos son efectivos, económicos y ecológicos (Singh et al., 2010). Los efectos peligrosos conocidos de la mayoría de los inhibidores de corrosión sintéticos son la motivación para el uso de algunos productos naturales. La mayoría de los productos naturales no son tóxicos, son biodegradables y están fácilmente disponibles en abundancia. Se han informado varias investigaciones que utilizan sustancias naturales como inhibidores de la corrosión para varios metales en diferentes medios (Adardour et al., 2016; Chaieb et al., 2005; Chauhan y Gunasekaran, 2007; El-Etre et al., 2005). En el presente trabajo, se extrajo y probó el inhibidor de corrosión natural (CAL) para controlar la corrosión del acero dulce en 1M H_2SO_4 en diferentes condiciones de operación.

Resultados

El resultado obtenido reveló que los extractos de hojas de *Citrus aurantium* actúan como inhibidores del acero dulce en H_2SO_4 y reducen la velocidad de corrosión. Se encontró que la eficiencia de inhibición aumenta con el aumento de la concentración de inhibidor, mientras que la temperatura muestra lo contrario. La mayor eficiencia de inhibición fue del 89% a 40 °C y una concentración de inhibidor de 10 ml/l. Se encontró que la adsorción de extractos de hojas de *Citrus aurantium* sigue el modelo de isoterma de adsorción de Langmuir. Los valores de la energía libre de adsorción rondaron los 20 kJ/mol, lo que es indicativo de adsorción física entre moléculas cargadas y un metal cargado. Los cálculos de química cuántica también se utilizaron como soporte teórico de los resultados experimentales. Finalmente, se evaluaron el microscopio electrónico de barrido y la espectroscopia infrarroja transformada de Fourier para examinar la morfología de la superficie y la estructura molecular del inhibidor, respectivamente.

Los resultados del microscopio electrónico (SEM en inglés) se tomaron y detectaron para respaldar los hallazgos del presente trabajo. Las muestras pulidas se sumergen en solución 1M H_2SO_4 y en presencia de CAL durante 3 h se observaron bajo un microscopio metalúrgico. La superficie de acero dulce pulida antes de la exposición a la solución de corrosión, que está asociada con los arañazos del pulido. Está claro, que la superficie del acero dulce estaba fuertemente corroída en 1M H_2SO_4 , mientras que en presencia de inhibidor en 1M H_2SO_4 , la condición de la superficie era comparativamente mejor, dependiendo de la concentración de la solución inhibidora sugiere que la presencia de CAL protege la superficie del metal a través de la formación de una capa adsorbida en la superficie del metal.

Conclusiones

El extracto ácido de Citrus aurantium actúa como un buen y eficaz inhibidor de la corrosión del acero en medio de ácido sulfúrico. La eficiencia de inhibición aumenta con la concentración de inhibidor y se encontró que la eficiencia de inhibición máxima para el extracto era del 89 % a la concentración óptima de 10 ml/l a 40 °C. La adsorción de diferentes concentraciones del extracto vegetal en la superficie siguió la isoterma de adsorción de Langmuir. El valor negativo de la energía libre de adsorción indica que la adsorción del CAL sobre la superficie del acero fue un proceso espontáneo y de fisisorción.

Título	DESEMPEÑO INHIBIDOR DE LA CORROSIÓN DE LAS CÁSCARAS DE NARANJA DE DESECHO (CITRUS SINENSIS) EN ACERO DULCE A36 EN 1M HCL
Autor	Ayoola Ayodeji, Durodola Bamidele, Fayomi Sunday, Agboola Oluranti, Alagbe Edith, Olagoke Oladokun, Nnabuko Daniel, 2021
Tipo de documento	Artículo de revista académica
Descripción del Estudio	
Este trabajo de investigación se llevó a cabo para investigar el desempeño inhibidor de la corrosión del extracto obtenido de desechos de cáscaras de naranja (citrus sinensis) en acero dulce A36 en medio HCl. Se sumergieron cupones de metal de acero dulce A36 en una solución diluida de ácido clorhídrico (1M) que contenía diferentes concentraciones del inhibidor de extracto de cáscara de naranja residual (0 - 4 g/L) a diferentes temperaturas de 32°C y 45°C (durante las pruebas gravimétricas), así como a 27°C y 50°C (durante las pruebas potenciodinámicas).	
Resultados	
El análisis gravimétrico realizado reveló que la mayor eficiencia de inhibición del extracto fue del 94,33% a una concentración de 4 g/L y temperatura de 32°C. Además, los resultados de este análisis revelaron un modo de adsorción espontáneo (irreversible) y de fisisorción de las moléculas inhibidoras, así como la aptitud de la isoterma de adsorción de Langmuir para el proceso de adsorción. El análisis fitoquímico realizado reveló la presencia de taninos, saponinas, flavonoides, terpenoides y esteroides en el	

inhibidor. Los resultados del análisis de polarización potenciodinámica mostraron que el inhibidor retardó la disolución anódica del acero dulce más que la reacción catódica que provoca el desprendimiento de hidrógeno a través de la descarga de iones de hidrógeno.

La presencia de estos fitoquímicos hizo que el inhibidor cumpliera la responsabilidad de un inhibidor eficaz, como se refleja en los resultados obtenidos de la pérdida de peso, velocidad de corrosión y eficiencia del inhibidor.

Los resultados de las pruebas de pérdida de peso, muestran el efecto del aumento del tiempo de exposición del acero dulce a la corrosión sobre la tasa de pérdida de peso a diferentes concentraciones y temperaturas. En general, se pudo observar que la pérdida de peso aumentaba a medida que aumentaba el tiempo de exposición a una determinada temperatura. Es decir, cada muestra de metal sufrió más corrosión a medida que aumentaba el tiempo de exposición al metal. Además, el aumento del inhibidor introducido dio como resultado una disminución de la pérdida de peso registrada, a una temperatura particular. Por lo tanto, la menor forma de pérdida de peso se observó a una concentración de inhibidor de 4 g/L para cada una de las temperaturas consideradas. Una indicación de que el inhibidor utilizado fue muy efectivo para inhibir las reacciones de corrosión al provocar una disminución en la pérdida de peso a medida que aumentaba su concentración.

Comparativamente, los resultados mostraron que el proceso de corrosión se ve más favorecido por una temperatura de reacción de corrosión alta. Es decir, la pérdida de peso que sufrió el acero dulce a 32°C fue menor en comparación con los resultados observados a 45°C, a la misma concentración de inhibidor y tiempo de exposición. Este resultado también puede justificarse por el principio de Arrhenius que dice que las reacciones generalmente se ven favorecidas por el aumento de la temperatura de reacción.

Los resultados de la velocidad de corrosión del acero dulce y la eficiencia de inhibición a diferentes concentraciones de inhibidor, después de un período de exposición de 432 horas (18 días). Cuando las muestras se sometieron a un proceso de corrosión en medio ácido a diferentes concentraciones del inhibidor (0 – 4 g/L) y diferentes temperaturas (de 32 y 45°C). La pérdida de peso y la eficiencia de inhibición de cada una de las muestras se determinaron cada 72 horas (3 días). En general, la tabla reveló que un aumento en

la temperatura (de 32 a 45°C) resultó en un aumento en la velocidad de corrosión para una concentración particular de inhibidor. Además, el aumento de la concentración del inhibidor equivalía a una disminución de la velocidad de corrosión a temperatura constante. Es decir, un aumento de la temperatura provocaba un aumento de la velocidad de corrosión, por lo que disminuía la eficacia del inhibidor. Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos del análisis de pérdida de peso.

Los resultados del modelo de adsorción del proceso de inhibición de la corrosión mediante el modelo de isoterma de Langmuir de C/θ frente a la concentración de inhibidor de piel de naranja residual a diferentes temperaturas de 32°C y 45°C. Los gráficos de isothermas de Langmuir dieron valores de R^2 más cercanos a 1. Ese es el mecanismo del inhibidor adsorbido en la superficie del metal que obedece al modelo de Langmuir. Las moléculas del inhibidor (adsorbato) se adsorbieron de manera gradual y uniforme en toda el área de la superficie del metal (adsorbente) hasta que existe una sola capa de moléculas inhibidoras, después de lo cual se detiene la adsorción. Los resultados del proceso de adsorción mostraron que la gráfica del modelo de isoterma de Langmuir resultó ser la única isoterma adecuada para la descripción del inhibidor adsorbido en la superficie del metal.

Conclusiones

- i. Los fitoquímicos presentes en el extracto de cáscara de naranja son taninos, saponinas, esteroides, terpenoides y flavonoides.
- ii. Las pruebas gravimétricas mostraron que el extracto de las cáscaras de naranja de desecho fue un excelente inhibidor de la corrosión dando mejores resultados de inhibición a una temperatura de 32°C (en comparación con los resultados de 45°C) con una concentración de inhibidor de 4 g/L, una velocidad de corrosión de 0,4835 mm/año y un inhibidor eficiencia del 94,33%.
- iii. Las pruebas de polarización electroquímicas potenciodinámicas mostraron que las cáscaras de naranja de desecho eran un excelente inhibidor de la corrosión dando mejores resultados de inhibición a una temperatura de 27°C (en comparación con los resultados de 50°C) con una concentración de inhibidor de 4 g/L, velocidad de corrosión de 0.0589 mm/año e inhibidor eficiencia del 83,07%.

IV. La adsorción de las moléculas inhibidoras en la superficie de las muestras de acero dulce sigue mejor la isoterma de adsorción de Langmuir.

v. El rango de valores para ΔG_{ads} fue de $-20,528$ kJ/mol a $-18,497$ kJ/mol. Esto indicó la naturaleza espontánea y de fisisorción de las moléculas inhibidoras adsorbidas en la interfase entre el metal y la solución.

vi. Los gráficos de tafel y los resultados mostraron que el inhibidor actuó principalmente como inhibidor de tipo anódico en solución de HCl.

2.3. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

Desde la experiencia y la investigación pertinente de cada investigador, se rescatan algunas de ellas que serán coadyuvantes para el proyecto de investigación a desarrollar. A continuación, detallamos los siguientes:

En la revisión que Finšgar y Jackson realizan en “*Application of corrosion inhibitors for steels in acidic media for the oil and gas industry*” (Naimani Philip, Buchweshaija, & Mwakalesi, 2016), resume la inhibición de la corrosión de los materiales de acero en medios ácidos. Se presentan numerosos inhibidores de corrosión para aceros en soluciones ácidas. Los autores enfatizan sobre soluciones de HCl, aceros de grado inferior y temperaturas elevadas.

La información obtenida en este documento es útil para el procedimiento de acidificación de pozos y para donde se necesitan inhibidores de corrosión para materiales de acero.

“Es casi imposible evitar la corrosión, sin embargo, es posible controlarla. Para precaver el daño por corrosión de tuberías, tanques de mezclado, tubos en espiral, y otras superficies metálicas, la formación de ácidos necesita ser inhibida por el uso de una solución efectiva de inhibidores de corrosión” (Tejeda Benítez, Meza Castellar, Altamiranda Percy, & Berrocal Bravo, 2014, pág. 156).

El documento también diseña formulaciones de inhibidores de corrosión: mezclas de inhibidores de corrosión con (principalmente) surfactantes,

solventes e intensificadores para mejorar la efectividad de compuestos individuales a temperaturas elevadas.

“Entre los diferentes métodos de prevención y control, el uso de inhibidores de corrosión es ampliamente generalizado, por ser uno de los más rentables y prácticos. El empleo de un inhibidor adecuado puede permitir el uso de acero al carbono de menor grado, lo cual reduce significativamente los costos de capital de un proyecto en comparación con el uso de aleaciones de alto grado en el mismo proyecto” (Tejeda Benítez, Meza Castellar, Altamiranda Percy, & Berrocal Bravo, 2014, pág. 156).

Existen distintas clases de inhibidores como los inorgánicos: sales de cromatos, fosfatos y molibdatos. En este tipo de compuestos los aniones son los responsables de la reducción de la velocidad de corrosión del metal. Los inhibidores orgánicos se utilizan en sistemas de enfriamiento y comúnmente son de tipo aniónico como el mercaptobenzotiazol (MBT), sulfatos de sodio y fosfonatos.

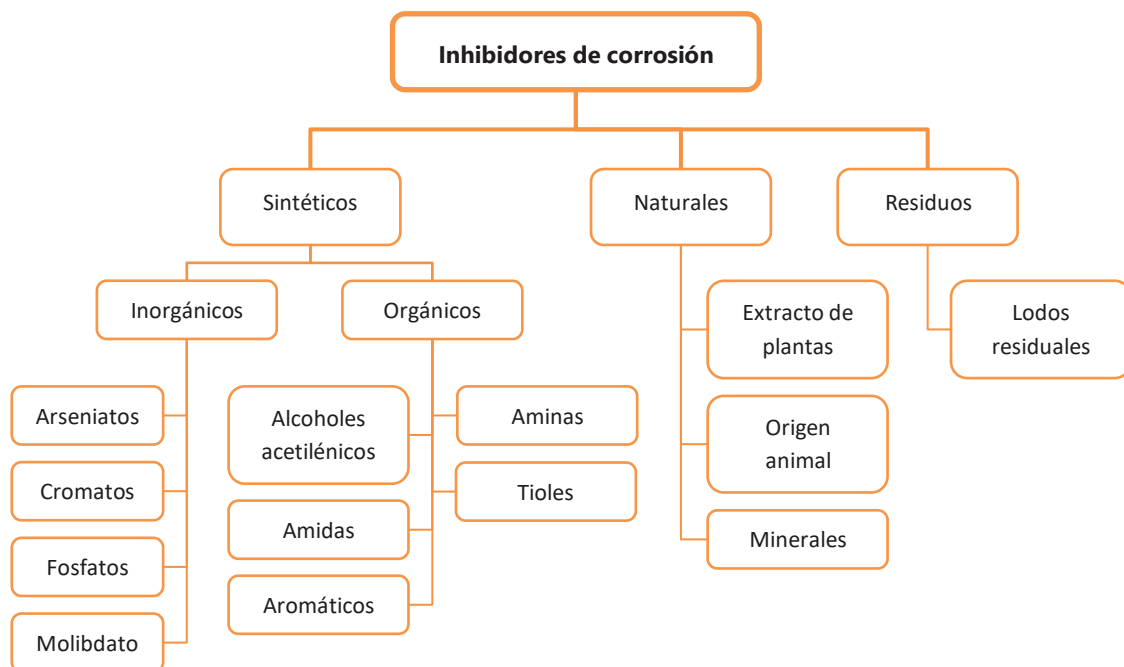


Ilustración 2: Clasificación de los inhibidores de corrosión de acuerdo con su origen

Fuente: Castellanos González, 2012

También existen inhibidores a partir de extractos de plantas, las cuales reducen el peligro de la mayoría de los inhibidores orgánicos sintéticos y las nuevas legislaciones ambientales, como la Ley de Control de Sustancias Tóxicas de la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos y la Directiva de Restricción de Sustancias Peligrosas de la Unión Europea, generan la necesidad de desarrollar inhibidores de corrosión ambientalmente amigables, que no contengan metales pesados como el cromo y plomo o compuestos orgánicos (CASTELLANOS GONZÁLEZ, 2012).

El efecto inhibidor se atribuye a la adsorción de estas sustancias orgánicas sobre la superficie del metal, que bloquea los sitios activos o forman una capa protectora. Los datos existentes demuestran que la mayoría de inhibidores orgánicos actúan por adsorción en la interfase metal/solución; mediante el desplazamiento de las moléculas de agua formando una película compacta que funciona como barrera.

En general, los principales tipos de interacción entre un inhibidor orgánico y la superficie del metal, son la quimisorción y/o fisorción. Tal como la bibliografía encontrada indica: las moléculas adsorbidas físicamente se unen al metal en cátodos locales y la disolución del metal se retarda cuando se impide la reacción catódica, mientras que las moléculas adsorbidas químicamente protegen las áreas anódicas.

2.4. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR

Es importante tener claro que los enfoques Cuantitativo y Cualitativo, responden a paradigmas científicos particulares, lo cual implica que tienen características, fortalezas y alcances propios. Ambos enfoques de investigación son igualmente científicos, pero, cada uno tiene sus propias virtudes y limitaciones.

Particularmente, en esta investigación se adoptará el Enfoque Cuantitativo. Este tipo de enfoque responde al tipo de realidad objetiva, la metas, la lógica del proceso investigativo y el tipo de datos del estudio. Características que se ajustan

adecuadamente a las inquietudes y requerimientos específicos del estudio a realizar.

La conveniencia del Enfoque Cuantitativo se determinó, por la forma en que sus características distintivas sirven para establecer una estrategia teórico-metodológica capaz de llevar a la solución del problema de investigación.

Tabla 5: Enfoque Cuantitativo, características, fortalezas y alcances

Característica	Mide fenómenos
	Uso de herramientas estadísticas
	Prueba de hipótesis
	Análisis causa-efecto
Proceso	Secuencial
	Deductivo
	Probatorio
	Analiza la realidad objetiva
Bondades	Generalización de resultados
	Control sobre fenómenos
	Precisión
	Réplica
	Predicción

Fuente: Elaborado a partir de Hernández, et. al. 2010.

2.5. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES

En una investigación, se entiende como fuentes de información o fuentes documentales para referirse al origen de una información determinada, es decir, el soporte en el cual se encontrará la información y el cual se podrá referir a terceros para que, a su vez, la recuperen para sí mismos. En el mundo contemporáneo, la información fluye y está al alcance de la mano gracias a Internet y a las tecnologías computarizadas. Sin embargo, se encuentra poco ordenada y poco jerarquizada, haciendo que mucho de ella se pierda entre información “basura” o de poco valor, que de tanto repetirse ha ido perdiendo necesario contexto o se ha ido transformando en lo que no es.

Esta investigación combinará las tres fuentes de información conocidas:

Primarias. Información obtenida en el desarrollo de la investigación en laboratorio, a través de la observación del fenómeno de corrosión y el actuar del inhibidor de corrosión natural. La toma de datos mediante medición empleando material de laboratorio.

Secundarias. Las fuentes bibliográficas, serían aquellos documentos escritos sobre la teoría de corrosión en los metales, documentación sobre la investigación de anticorrosivos no convencionales naturales.

- **Monografías o libros electrónicos:** En Internet encontramos sobre todo obras monográficas de escritoras a texto completo. En la red están disponibles mayoritariamente aquellas obras y escritos que han dejado de ser propiedad intelectual de sus autoras o herederos/as por haber perdido su vigencia. Aunque cada vez se encuentran más obras editadas con la intención de difundirlas en la red, éstas suelen ser publicadas por instituciones públicas.
- **Revistas científicas:** Las publicaciones periódicas ofrecen un gran apoyo en los trabajos de investigación. Internet brinda un soporte de grandes ventajas para la difusión de revistas especializadas, tanto científicas como de divulgación, entre ellas la accesibilidad desde cualquier parte del mundo y la rapidez en la circulación de los contenidos científicos.
- **Estadísticas:** Las estadísticas, mediante la representación de datos o gráficos, a resumir y extraer la información; que se puedan conseguir de fuentes oficiales como YPFB, permitirán descubrir y calcular patrones o conductas que se muestren en los datos.

También se recurrirá a entrevistas a personal técnico de YPFB que esté relacionado con el mantenimiento de los gasoductos, o que hayan participado de las investigaciones en sucesos de accidentes o fallas atribuibles al fenómeno de corrosión.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Atendiendo al Objeto, medio y finalidad de la investigación, se determinó que el propósito de la misma es quien dicta la elección de la “Investigación Aplicada” como el tipo de investigación.

Según Lizardo Carvajal Rodríguez:

“Cuando hablamos de investigación científica, cuando tratamos de los tipos de investigación existentes y cuando pretendemos esclarecer qué es investigación, necesariamente tenemos que tratar el tema de la investigación aplicada. Cuando nos referimos a las actividades de investigación y desarrollo estamos haciendo referencia a un conjunto de tres actividades cuyo objetivo es producir nuevo conocimiento útil para la sociedad. El tema de investigación aplicada es muy importante dentro del contexto de la investigación científica, de los tipos de investigación y en la necesidad de saber qué es la investigación. Está, asimismo, relacionado con el tema de las actividades de investigación y desarrollo, es decir, con la investigación básica y el mismo desarrollo experimental” (CARVAJAL R., s.f.).

El tipo de investigación realizada por el equipo de trabajo es de carácter científico es decir empírica por tanto plenamente experimental, se basa en el enfoque ductivo de “prueba y error” usando la prueba como instrumento clave de la investigación, esto se logrará con la formulación de un anticorrosivo orgánico similar a los convencionales para la protección del acero al carbón, pero de material reciclado como es la cascara de naranja como materia prima de la investigación que con la observación de causa y efecto, se medirán los resultados con diferentes aditivos que serán cuantificados en una tabla de mediciones de las variantes involucradas. Los elementos claves de esta investigación serán el control, manipulación y observación. Este proceso sistemático, permitirá aproximaciones científicas

cuantitativas de los resultados obtenidos. Todos los productos obtenidos serán registrados en una tabla de valores.

Siguiendo la corriente de enfoque cuantitativo, se utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. Es decir, este trabajo, corresponde a un tipo de **investigación aplicada**, el cual se desarrollará desde un enfoque cuantitativo, porque estará basado en la recolección y análisis de la información de manera numérica.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que el objetivo del estudio será analizar la importancia del conocimiento del reciclaje orgánico en la formulación de un anticorrosivo para metales, se recurrirá a un “diseño experimental” que se aplicará de manera transversal.

Un diseño experimental determina de qué manera hay que manipular las variables para conseguir resultados confiables. Además, es un método que trata con datos cuantitativos, ya que, a diferencia de los cualitativos, aquellos se pueden medir y estudiar mediante las matemáticas. Por lo tanto, un diseño experimental siempre se aplica en una investigación cuantitativa. El objetivo de la aplicación de un diseño experimental es extraer conclusiones sobre un problema de investigación estudiado bajo un marco conceptual determinado.

Diseño experimental

Los diseños experimentales cuentan con distintos grupos de experimentación, entre los que debe haber un grupo de control con el fin de deducir los posibles efectos de variables externas en la muestra analizada. En este tipo de diseños, la medida de la variable dependiente se puede tomar antes y después del tratamiento o solamente después, dando lugar a que estos diseños se puedan subdividir en los siguientes:

- Con medida solo post-tratamiento

- Con medida pre y post-tratamiento

En la investigación presente, se utilizarán la primera, Con medida solo post-tratamiento.

Tanto la asignación de los sujetos a los grupos como la asignación de estos a los tratamientos se hará de forma aleatoria para garantizar la equivalencia de los grupos. Específicamente, se tratará de identificar las diferencias entre el grupo de control y el grupo experimental tras aplicarle un determinado tratamiento, partiendo de la igualdad de ambos grupos antes del mismo.

Las ventajas de estos tipos de diseños se centran en la asignación aleatoria de los grupos, garantizando la igualdad de los sujetos antes del tratamiento, y en el gran control sobre validez de los resultados, ya que los efectos del tratamiento se miden de manera inmediata.

3.3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Las variables se definen con base a la posible determinación de las siguientes mediciones.

3.3.1. Variables Independientes

Posteriormente se definen variables de partida para el proceso experimental. Estas variables son independientes:

- Concentración del inhibidor aplicado
- Tipo de inhibidor de corrosión aplicado a cada probeta

3.3.2. Variables Dependientes

Posteriormente se definen variables resultado del proceso experimental. Estas variables son dependientes:

- Proporción de área corroída en las probetas de prueba

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Definición de la Población

Las unidades de observación son las realidades objeto de estudio que se quieren observar y que proporcionan los datos empíricos necesarios para contrastar las hipótesis propuestas a través de la medición de ciertas variables.

La población es finita para esta investigación, y estará conformada por las diferentes combinaciones de las dosis formuladas del anticorrosivo orgánico aplicando, o no, además del número de blancos, que se emplearán para la comparación de resultados.

3.4.2. Definición de la Muestra

La muestra es una parte de la población objeto de estudio que se somete a observación científica en representación del conjunto, con el propósito de obtener resultados válidos, también para el universo total investigado. De este modo, la muestra debe ser parte de la población estudiada, su tamaño dependerá del tamaño de la población y será seleccionada de manera que sea un fiel reflejo del universo que representa (estratificada). En este caso la población es finita y está definida por el diseño experimental, en tal caso, la muestra será al 100%.

Siguiendo el diseño experimental se crearán dos grupos de prueba:

- Grupo de prueba con inhibidores convencionales
- Grupo de prueba con inhibidor de cascara de naranja
- Grupo de prueba sin inhibidor (blanco)

En cada sub grupo se utilizará una probeta (blanco), dos probetas con aplicación del antioxidante orgánico, dos probetas con antioxidante convencional. Luego, el total de la muestra estará conformada por 10 probetas organizadas en dos grupos.

3.5. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación difiere según se la realice sobre el terreno o en el laboratorio, y el ambiente en que se lleva a cabo no está relacionado con el nivel de ésta.

Será preferible realizar la investigación sobre el terreno o en el laboratorio según la naturaleza del problema que se está investigando, y la elección del ambiente presenta con frecuencia ciertas dificultades.

En el laboratorio los factores que influyen sobre los resultados del estudio pueden elucidarse en forma más fácil y efectiva. Esta situación hace que el investigador se sienta más confiado en que sus hallazgos son sólidos y exactos. Por otra parte, la investigación basada en el laboratorio suscita la dificultad de la generalización de los datos, es decir, la manera de asegurarse de que lo que ocurre en el ambiente extremadamente artificial del laboratorio sucederá también en la vida real.

En el ambiente del campo, la investigación se realiza en un medio constituido por la vida diaria, como se produce en una atmósfera más realista, el trabajo de campo proporciona resultados que se pueden generalizar más fácilmente. Pero al mismo tiempo se sacrifica, en este caso, parte del control y la precisión obtenidos con el otro procedimiento.

De acuerdo a los propósitos inmediatos que se persiguen en la presente investigación, se decide optar por un ambiente en laboratorio, de manera que se pueda tener un control sobre los factores que afectarían al proceso experimental, y precisión sobre los resultados a obtener.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.6.1. Técnica Experimental

Se empleará a la técnica experimental, consistente en la realización de pruebas u observación en relación con las variables del fenómeno corrosivo bajo la interacción con un inhibidor orgánico, con el fin de analizar sus efectos.

El fenómeno que se estudia se recrea artificialmente en laboratorio, lo que permite manipular las variables que se desean analizar.

3.6.2. Instrumentos

Las hojas o formularios de se elaborarán para el registro de los siguientes fenómenos.

- Formulario para tomar medidas de peso al momento de realizar los procesos para realizar la extracción de los fenoles de la materia prima.
- Fotografías durante el proceso de extracción de los fenoles.
- Formulario para registrar el proceso de aplicación de los inhibidores a las probetas de prueba.
- Fotografías durante el proceso de aplicación de los inhibidores.
- Formulario para registrar la el proceso de corrosión en las probetas de muestra.
- Fotografías para documentar el proceso de oxidación en las probetas.

3.7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.7.1. Recolección de Materia Prima

El fruto cítrico de la naranja se consume de acuerdo a la demanda y oferta en los meses de marzo - agosto, en los centros de expendio de la ciudad. Los consumidores retiran la cáscara o exocarpio manualmente y lo desechan, aprovechando sólo los gajos de fruta para su alimentación.

Un medio popular de generación de residuos es producido por los expendedores de jugos de naranja, mandarina y toronja en vía pública, los mismos sólo aprovechan el zumo extraído por presión mecánica y separan la cáscara previamente con una peladora mecánica. A fin de que el calor del sol no afecte o dañe la fruta no requerida, es cubierta con las tiras de cáscara. Al cabo de la jornada desechan estos restos más los restos de albedo y pulpa.



Ilustración 3: Recolección de restos de cáscara y pulpa de vendedores de jugos

Fuente: Propia

La recepción de los cítricos es la primera etapa en el proceso de extracción de compuestos fenólicos, esta etapa es de vital importancia ya que en ella se realizó la selección de la materia prima que cumple con los parámetros requeridos para determinada extracción.

Se realizó la recepción de los cítricos sin importar su tamaño o grado de madurez, para determinar si es viable el uso del fruto de rechazo del mercado del país para la extracción de los fenoles puesto que la bibliografía refiere la no importancia del grado de madurez, por lo que se comprobaba únicamente si es viable realizar la extracción a partir de las cáscaras de frutos de rechazo (Blanco M. E., 2010).

3.7.2. Caracterización de la Materia Prima

Se utilizaron como materia prima cáscaras de naranja de desecho sin importar sus condiciones internas o su tamaño, únicamente el estado de su cáscara (Blanco M. E., 2010). Por último, se utilizaron cáscaras de los diferentes mercados de puestos de refrescos, por ejemplo, en donde se desecha esta materia prima en el día a día.



Ilustración 4: Cáscaras de naranja recolectadas

Fuente: Propia

3.7.3. Lavado y Pesado

Los restos de jugo y pelado de frutos, se someten a una limpieza y lavado con agua potable. En esta operación se retiran los centros de unión del fruto con la rama y las

semillas o pepas de los gajos exprimidos; así como los restos de pulpa de fruta y las cáscaras magulladas u oscuras.

Los restos de albedo y pulpa se dividen manualmente con un estilete, previo pesaje; se colocan adecuadamente en una capa en bandejas forradas con papel sábana; para luego exponerse a los rayos del sol y eliminar compuestos volátiles y el agua.

El tiempo de exposición a los rayos solares y a temperatura de ambiente, comprende entre uno a dos días. Luego del secado natural se observa reducción apreciable en el tamaño de cada muestra.

Se realiza un pesaje de cada muestra, para calcular la cantidad de compuestos volátiles y agua eliminados.

Se lavaron (se utilizaron 2000ml de agua) manualmente las cáscaras. El pesado de estos se realizó mediante una balanza de laboratorio cuya carga máxima es de 4100g, la cual se encuentra en el laboratorio de química de la Carrera de IGP. Se pesaron las cascarás antes y después para reportar pérdidas de peso durante el lavado.

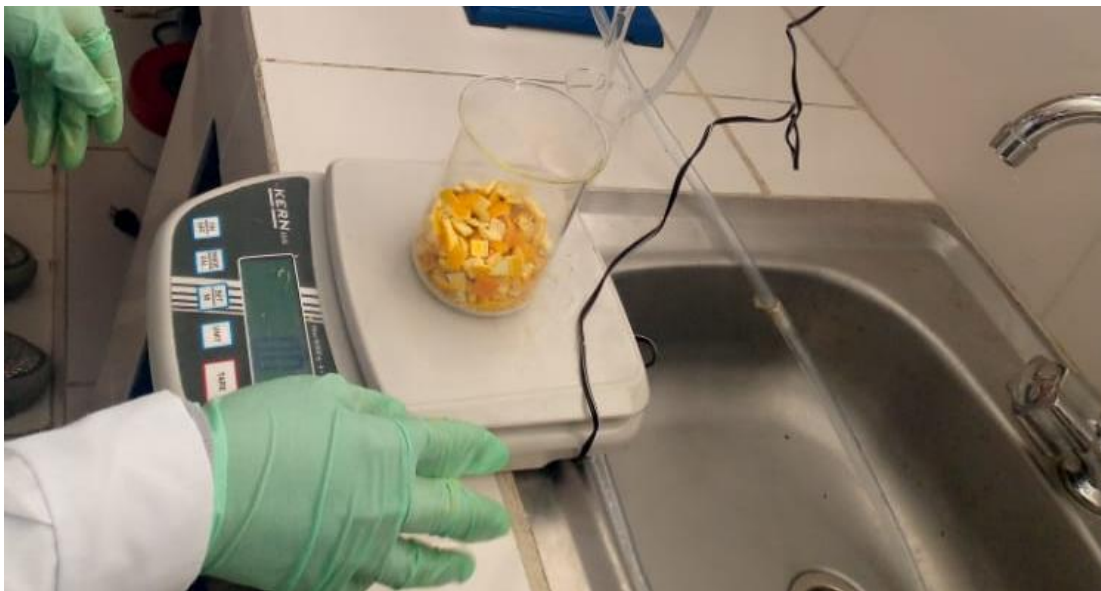


Ilustración 5: Lavado y pesado de las cascaras de naranja

Fuente: Propia

3.7.4. Reducción de Tamaño

Se redujo el tamaño de las cáscaras a un tamaño de 0.5cm por 0.5cm aproximadamente, cortadas de manera manual esto para las primeras 2 pruebas piloto para reportar cuanto se obtiene en gramos de fenoles.

Los restos de albedo y pulpa se dividen manualmente con un estilete, previo pesaje; se colocan adecuadamente en una capa en bandejas; para luego exponerse a los rayos del sol y eliminar compuestos volátiles y el agua.

El tiempo de exposición a los rayos solares y a temperatura de ambiente, comprende entre uno a dos días. Luego del secado natural se observa reducción apreciable en el tamaño de cada muestra.



Ilustración 6: Fraccionamiento de cáscaras y restos de pulpa

Fuente: Propia

3.7.5. Deshidratación de las Cascaras

Se trabajó con cáscaras secas y cáscaras húmedas para comprobar la incidencia en el rendimiento la etapa del secado de cáscaras.

El contenido de agua en las cáscaras de cítricos es abundante, en el secado solar se eliminó un gran porcentaje de humedad, entonces se requiere de un secado adicional en estufa de corriente de aire a 70°C; por un tiempo de 15 minutos. Se reiteró el proceso de secado artificial en intervalos de 5 minutos a la misma temperatura, hasta encontrar el peso constante en cada muestra.

Para evitar la carbonización de las muestras, se hizo un control estricto del tiempo de exposición y calentamiento, además de la temperatura en la estufa. La agitación constante favorece la no adherencia de los sólidos al recipiente.

El punto de ebullición del agua en la ciudad de La Paz, es de 86°C; el mismo se asume como referencia para el punto de vaporización del agua en las muestras.



Ilustración 7: Deshidratación de las cascaras de naranja

Fuente: Propia

3.7.6. Mezclado con Disolvente para su Extracción

Se mezclaron en un vaso de precipitados de 100 – 200 ml inicialmente para las pruebas piloto (se realizaron dos tal como se explica en la etapa de reducción de tamaño).

Se mezclaron con metanol, 200g de cáscara con 450ml de etanol. El etanol se trabajó a una concentración comercial del 96%.

La mezcla de las cáscaras con el disolvente etanol se realizó tanto para las cáscaras secas como para las cáscaras húmedas. Por otro lado, la mezcla se reaccionó a temperatura de 80°C por 2,5 horas.

Se calentó a ebullición con agitación manual en forma continua para evitar adherencias o carbonización de la muestra en el fondo del recipiente.

Se finalizó el proceso al reducirse la mezcla reactante al 50 % del volumen inicial y se procedió a enfriar levemente hasta aproximadamente 60°C.



Ilustración 8: Mezclado con disolvente etanol

Fuente: Propia

3.7.7. Filtración del Extracto

Se filtró el extracto por un tiempo de 30 – 40 minutos a fin de separar las partículas sólidas o cáscaras del líquido utilizando un sistema de filtración convencional y empleando un papel filtro. Se prensó manualmente los restos sólidos y se repitió la extracción en un procedimiento similar. El resto del proceso se continuó con el líquido separado. El líquido se conservó en recipientes con cierre (con tapa de rosca metálica) a temperatura ambiente.

Luego de repetir los pasos anteriores, en el último extracto se añadió al primero, acumulando cerca de 900 ml de volumen final de filtrados.

Para una separación y precipitación completa se dejó reposar 12 horas, cubriendo los recipientes a fin de evitar el ingreso de partículas extrañas.



Ilustración 9: Filtrado de la disolución

Fuente: Propia

3.7.8. Separación del Disolvente de los Fenoles

Para la separación del disolvente etanol durante la extracción de los fenoles extraídos se utilizó un baño maría, a una temperatura de 86°C por a un aproximado de 40 min a 1 hora, volatilizand el disolvente, el cual se recupera empleando un sistema de destilación simple.



Ilustración 10: Separación y recuperación del etanol

Fuente: Propia

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA EN LABORATORIO

4.1.1. Composición Porcentual de Cáscaras y Pulpa por Tipo de Cítrico

Fórmulas de Cálculo:

$$\% \text{ cáscaras} = \frac{\text{Masa de cascarras frescas (g)}}{\text{Masa de fruto entero (g)}} \cdot 100$$

$$\% \text{ pulpa y albedo} = \frac{\text{Masa de pulpa y albedo (g)}}{\text{Masa de fruto entero (g)}} \cdot 100$$

NARANJA, variedad de Alto Beni (Dpto. La Paz), 3 muestras. Dividido con cuchillo doméstico en cuatro porciones, pelado de cáscaras y separado de pulpas con albedo en forma manual.

Tabla 6: Composición de la naranja, variedad producida en Alto Beni

Muestra	Peso Fruto entero (g)	Cascarras frescas (g)	Pulpa y albedo (g)	Porcentaje cascarras (%)	Porcentaje pulpa y albedo (%)
1	129,7	21,6	107,9	16,6	83,2
2	118,6	23	95,4	19,4	80,5
3	131,2	23,9	107	18,2	81,6
Promedio	126,5	22,8	103,5	18,1	81,7

Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio

El porcentaje de cáscaras en cada cítrico corresponde aproximadamente a la cuarta parte del fruto entero, este bajo porcentaje se convierte en un porcentaje aprovechable al reutilizarse para la obtención de derivados de aplicación industrial.

La naranja también contiene una cantidad aprovechable de residuos de jugo, como hollejos, membranas y vesículas a partir de la pulpa del cítrico.

Cabe destacar del cuadro que si las cantidades de cáscaras son bajas en relación a la pulpa de cada cítrico; implica a la utilización de los restos de pulpa para el aprovechamiento completo de los residuos.

4.1.2. Porcentaje de Humedad y Volátiles en Cáscaras Fraccionadas Expuestas a Secado Solar

NARANJA, tiempo de exposición: dos días a temperatura ambiente de 17 °C.

- Masa de cáscaras frescas = 286,83 g
- Masa de cáscaras secas = 98,19 g
- Masa de humedad y volátiles = (286,83-98,19) g = 188,64 g

$$\% \text{ humedad y volátiles} = \frac{\text{Masa de humedad y volátiles (g)}}{\text{Masa de cáscaras frescas (g)}} \cdot 100$$

$$\% \text{ humedad y volátiles} = \frac{188,64 \text{ (g)}}{286,83 \text{ (g)}} \cdot 100 = 65,76 \%$$

4.1.3. Porcentaje de Humedad y Volátiles Retenidos en Cáscaras Fraccionadas, Presecadas Solarmente y Expuestas a Secado Artificial

NARANJA, temperatura de estufa 70°C y tiempo de 25 minutos.

- Masa de cáscaras secas = 98,19 g
- Masa de cáscaras secadas en estufa = 69,60 g
- Masa de humedad y volátiles retenidos = (98,19-69,60) g = 28,59 g

$$\% \text{ humedad y volátiles} = \frac{\text{Masa de humedad y volátiles retenidos (g)}}{\text{Masa de cáscaras frescas (g)}} \cdot 100$$

$$\% \text{ humedad y volátiles} = \frac{28,59 \text{ (g)}}{286,83 \text{ (g)}} \cdot 100 = 9,96 \%$$

La cantidad eliminada de agua y compuestos volátiles mediante secado natural no es absoluta, necesitándose secado estricto con estufa eléctrica.

4.2. BALANCE DE MATERIA

4.2.1. Lavado

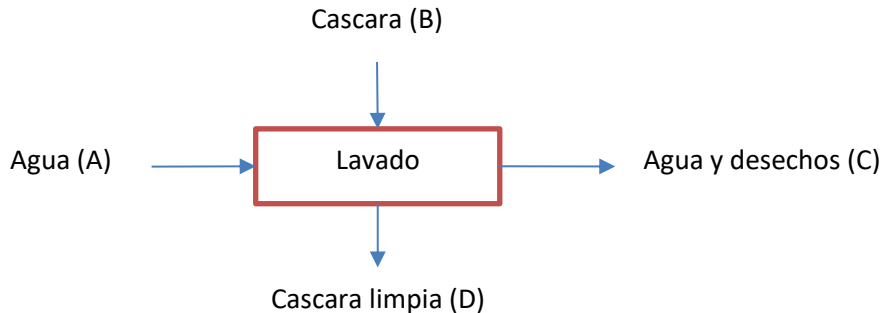


Ilustración 11: Proceso de lavado de las cascarás

Fuente: Elaboración propia

Los valores A, B y D que corresponden al peso de la fruta después del lavado, determinados por pesaje, por lo que se calculó C que son los desechos y el agua que sale. El agua utilizada para el lavado fue de 10 litros y los pesos de cada lote se reportan en la tabla siguiente, con sus respectivos cálculos de balance.

Tabla 7: Pesos de la cascará antes y después del lavado y balance

Cascará	ml agua (A)	Peso de cascará en gramos (B)	Peso de Cascará lavada en gramos (D)	Agua y desechos en gramos (C)
Lote 1	10000	1008	926	1082
Lote 2	10000	1012	938	1074
Total	20000	2020	1864	2156

Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio

Reportando, que si hubo pérdida de materia orgánica como residuos de pulpa en la cascará de naranja, además de los ml de agua. En general se puede decir que Salieron de 2156 g de minerales y agua totales. (Tomando en cuenta que se está trabajando con agua y que la densidad del agua es 1g/cm³ a 25°C).

4.2.2. Extracción

Balances generales la etapa de extracción:



Ilustración 12: Proceso de extracción

Fuente: Elaboración propia

Los balances en esta etapa no muestran valores diferentes según la materia prima utilizada (cáscara fresca y seca) ni tampoco para las dos temperaturas de extracción utilizada pues en ambos casos se utilizó la misma cantidad de disolvente y cáscaras.

De este balance se conoce la cantidad de disolvente etanol entrante y la cantidad de cáscaras de cítricos entrante, para obtener una mezcla de cáscara más el disolvente. Se trabajó con 200g de cáscara y 450ml de disolvente, también. Como los datos del disolvente están dados en mililitros se realizó una conversión a gramos por medio de la densidad, a fin de obtener la mezcla en gramos.

Se trabajó con densidades a una temperatura de 25°C. Las densidades de cada disolvente con la que se trabajó: Metanol 0,789 g/ml.

Tabla 8: Balances de extracción

Cascará	Etanol en gramos (A)	Cascará en gramos (B)	Mezcla cascara + disolvente (C) en gramos
Lote 1	355,5	200	555,5
Lote 2	354,6	200	554,6
Total	710,1	400	1110,1

Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio

4.2.3. Filtración

Se conoce la cantidad en gramos entrantes de mezcla de disolvente (A) más la cáscara tal como se reportó en el balance anterior. Se pesó en el laboratorio la cantidad de cáscaras luego de la filtración (C), por lo que despejando de la fórmula del balance general se encontró la mezcla de disolvente más los compuestos fenólicos B (extracto).

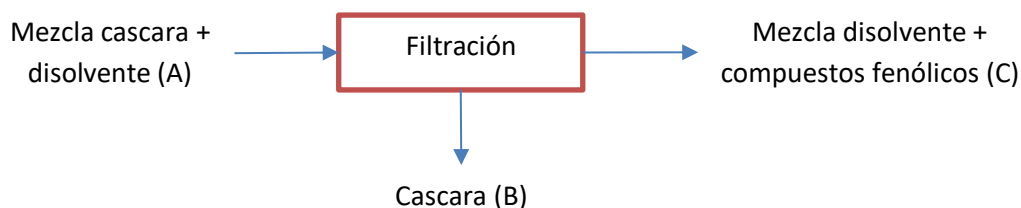


Ilustración 13: Proceso de filtración

Fuente: Elaboración propia

Además, en esta ocasión para los balances se utilizó el promedio de datos de cáscara en pesos, la tabla muestra los balances en B para cada disolvente utilizando cáscaras secas y húmedas y para las dos temperaturas de extracción utilizada.

Tabla 9: Balances de la etapa de Filtración

Cascará	Mezcla cascara + disolvente (A) en gramos	Cascará (B) en gramos	Mezcla cascara + disolvente (C) en gramos
Balance (B) para una temperatura de extracción 25°C para cáscaras secas			
Lote 1	555,5	215,31	340,19
Lote 2	554,6	207,3	347,3
Total	1110,1	422,61	687,49
Balance (B) para una temperatura de extracción 76°C para cáscaras secas			
Lote 1	555,5	224,9	330,6
Lote 2	554,6	228,3	326,3
Total	1110,1	453,2	656,9
Balance (B) para una temperatura de extracción 25°C para cáscaras Húmedas			

Cascará	Mezcla cascara + + disolvente (A) en gramos	Cascará (B) en gramos	Mezcla cascara + disolvente (C) en gramos
Lote 1	555,5	215,2	340,3
Lote 2	554,6	211,3	343,3
Total	1110,1	426,5	683,6
Balance (B) para una temperatura de extracción 76°C para cáscaras Húmedas			
Lote 1	555,5	223,4	332,1
Lote 2	554,6	229,1	325,5
Total	1110,1	452,5	657,6

Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio

4.2.4. Separación

En la etapa de separación se separó en disolvente de los compuestos fenólicos mediante un baño maría entrando a este equipo la mezcla de disolvente y los compuestos fenólicos extraídos (A) y saliendo de este los compuestos (C) y el disolvente (B) separados.

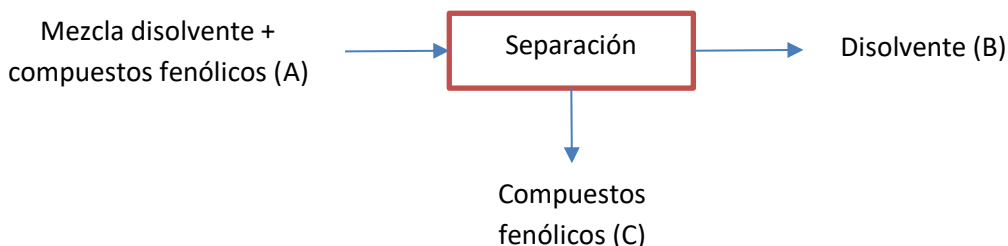


Ilustración 14: Proceso de separación

Fuente: Elaboración propia

Se sabe la cantidad de extracto entrante calculada en los balances anteriores (A) y además se sabe la cantidad de compuestos fenólicos extraídos medidos en gramos en promedio general según la Tabla 9, cantidad de fenoles extraídos por disolvente. Por lo que se despejó la cantidad de disolvente (B) para saber la cantidad que se logra recuperar en el proceso aproximadamente.

Tabla 10: Balances de la etapa de separación

Cascará	Mezcla cascara + + disolvente (A) en gramos	Cascará (B) en gramos	Mezcla cascara + disolvente (C) en gramos
Balance (B) para una temperatura de extracción 25°C para cáscaras secas			
Lote 1	340,19	52,68	287,51
Lote 2	347,3	79,42	267,88
Total	687,49	132,1	555,39
Balance (B) para una temperatura de extracción 76°C para cáscaras secas			
Lote 1	330,6	75,42	255,18
Lote 2	326,3	98,12	228,18
Total	656,9	173,54	483,36
Balance (B) para una temperatura de extracción 25°C para cáscaras Húmedas			
Lote 1	340,3	67,13	273,17
Lote 2	343,3	82,1	261,2
Total	683,6	149,23	534,37
Balance (B) para una temperatura de extracción 76°C para cáscaras Húmedas			
Lote 1	332,1	81,23	250,87
Lote 2	325,5	112,41	203,09
Total	657,6	193,64	453,96

Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio

4.3. APLICACIÓN DE LOS INHIBIDORAS A UNA PLANCHA DE METAL

4.3.1. Preparación de las Probetas

Ante las dificultades para la obtención de una muestra de acero al carbón A53 (grados A y B), el cual es el más utilizado para el transporte de gas por tuberías, para la experimentación se empleará una plancha de acero 306, uno de los más comunes por ser económico.



Ilustración 15: Elaboración de las probetas

Fuente: Propia

La plancha de acero, se dividen para obtener lotes de 5 placas de igual tamaño (14x9 cm), se las limpia para retirar el óxido acumulado y se identifican para conformar las probetas de prueba donde se aplicarán los diferentes inhibidores de oxidación.

4.3.2. Aplicación de los Inhibidores a las Probetas

Se rocían cada probeta, excepto una, con las diferentes fórmulas de inhibidores aplicando una capa uniforme que cubra el área total de la cara en la que se aplicará la solución de Cloruro de Sodio con agua para la reacción de oxidación.



Ilustración 16: Probetas con los inhibidores de oxidación

Fuente: Propia

La identificación de cada lote de probetas está conformada de la siguiente manera:

- Spray; es un anticorrosivo para metales de tipo comercial
- Barniz; es una resina de tipo barniz, empleado para aplicarse sobre la pintura en metales.
- Aceite N; es el inhibidor a base de polifenoles de cascara de naranja.
- Aceite N - Aceite C; es el inhibidor Aceite N, diluido al 50% con Aceite de coco.
- Blanco; es la muestra en la que no se aplicó ningún protector.

4.3.3. Aplicación de la Solución para la Oxidación

Se prepara una solución mezclando 50 g de NaCl con 200 ml de agua, agitando el recipiente para obtener una dilución total y luego se vierte en un atomizador para poder aplicar esta solución en las probetas.

La solución preparada producirá la corrosión, donde el agua salada actúa como conductor de los electrones que parten del metal que se oxida.

A las probetas ya preparadas con los inhibidores, se rocía la solución salina con el atomizador aplicando 4 veces de forma uniforme por toda su superficie.

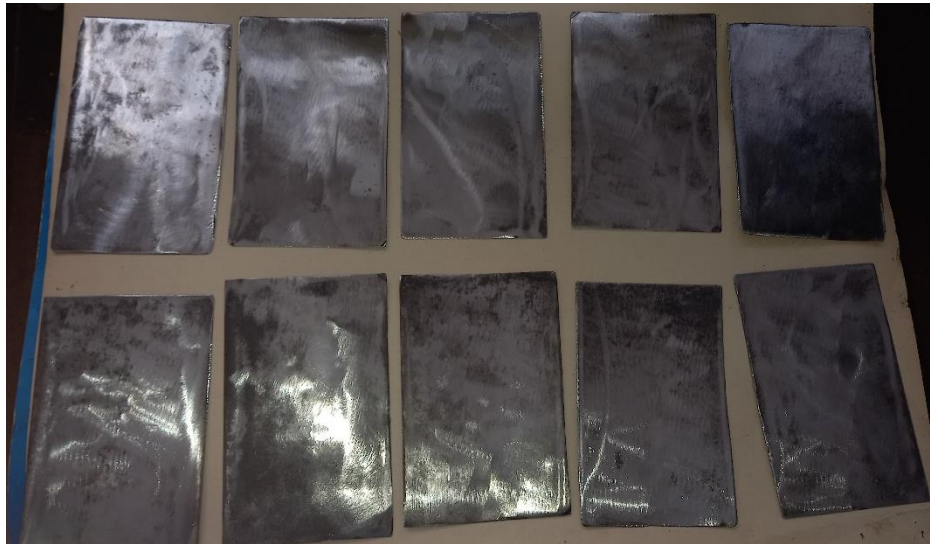


Ilustración 17: Probetas con los inhibidores de oxidación

Fuente: Propia

Esta operación se realiza una vez al día, por un periodo de 21 días calendario, verificando el progreso de la corrosión en cada una de las 5 probetas.

4.3.4. Seguimiento al Proceso de Corrosión

Se ha observado el proceso de corrosión progresivo en las probetas en cada muestra, y los resultados semanales, se muestran en las siguientes ilustraciones:

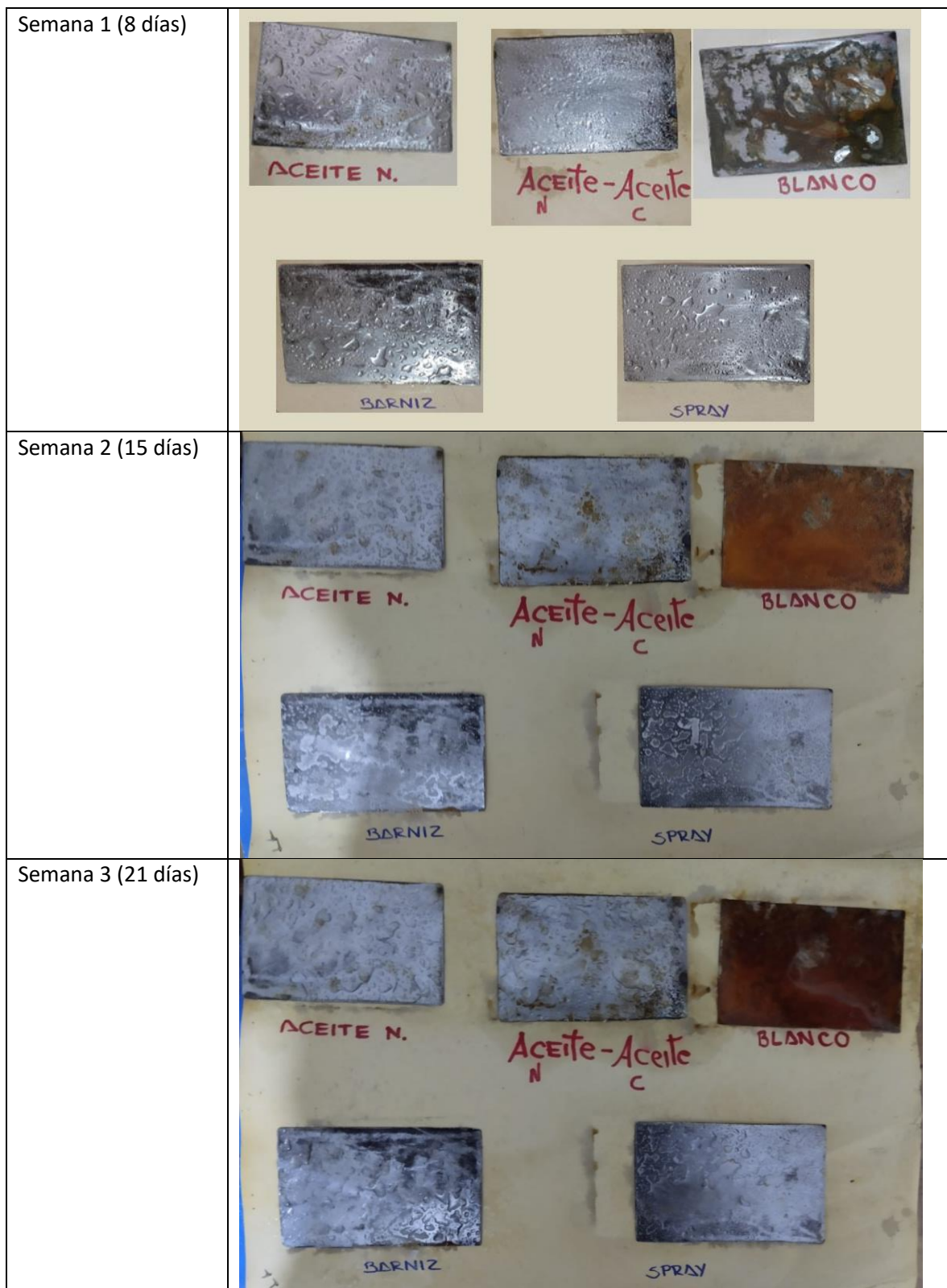


Ilustración 18: Fotografías de seguimiento al proceso de corrosión

Fuente: Propia

Para la cuantificación del proceso de oxidación, y saber cuál muestra tiene una mayor cantidad de oxidación, se ha utilizado una técnica diagramática determinando el porcentaje del área del metal que ha sido oxidado, y esto se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje oxidado} = \frac{\text{Área oxidada}}{\text{Área total}} \cdot 100\%$$

Con las fotografías sacadas a las probetas, se determina el área no oxidada empleando software libre ImageJ (ver1.5.3), desarrollado por el National Institutes of Health de Estados Unidos, para el procesamiento digital de imagen. Con este software se ha estimado el área sin oxidar en cada probeta analizando el umbral de color, sometiendo cada imagen a selección de matices, saturación y brillo, por lo que, la formula anterior se modifica de la manera siguiente:

$$\text{Porcentaje oxidado} = \frac{\text{Área total} - \text{Área oxidada}}{\text{Área total}} \cdot 100\%$$

La estimación del área no oxidada se ilustra en las imágenes siguientes, de la semana 3, a manera de ejemplificación:

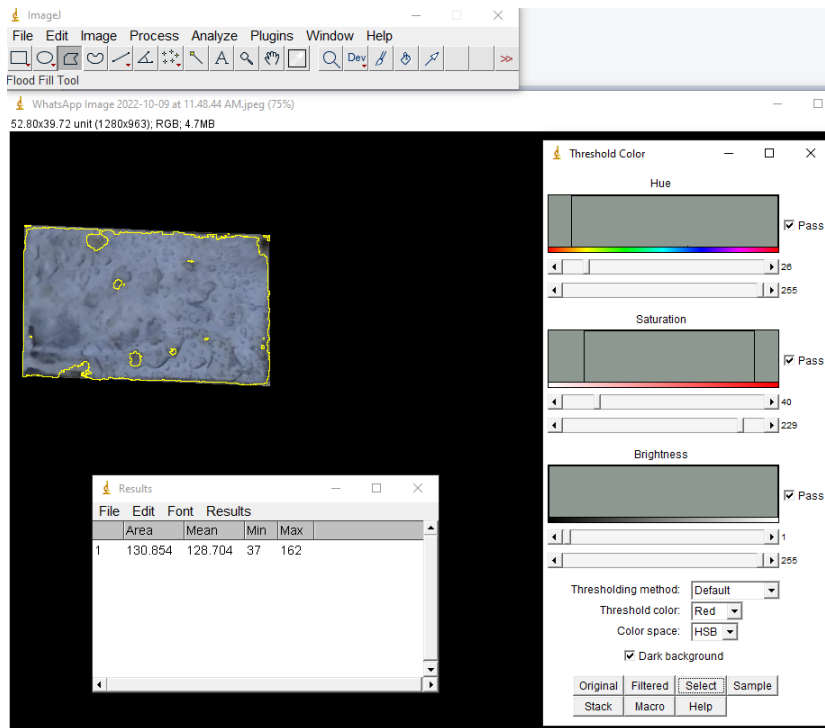


Ilustración 19: Área oxidada en la probeta Aceite N., semana 3

Fuente: Reporte del software ImageJ, versión 1.5.3

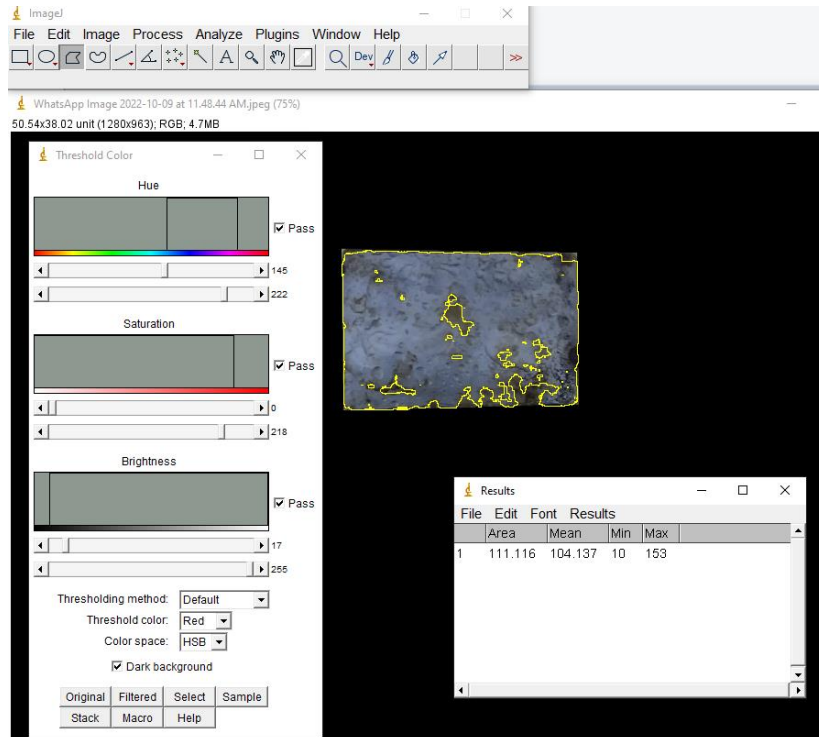


Ilustración 20: Área oxidada en la probeta Aceite N – Aceite C., semana 3

Fuente: Reporte del software ImageJ, versión 1.5.3

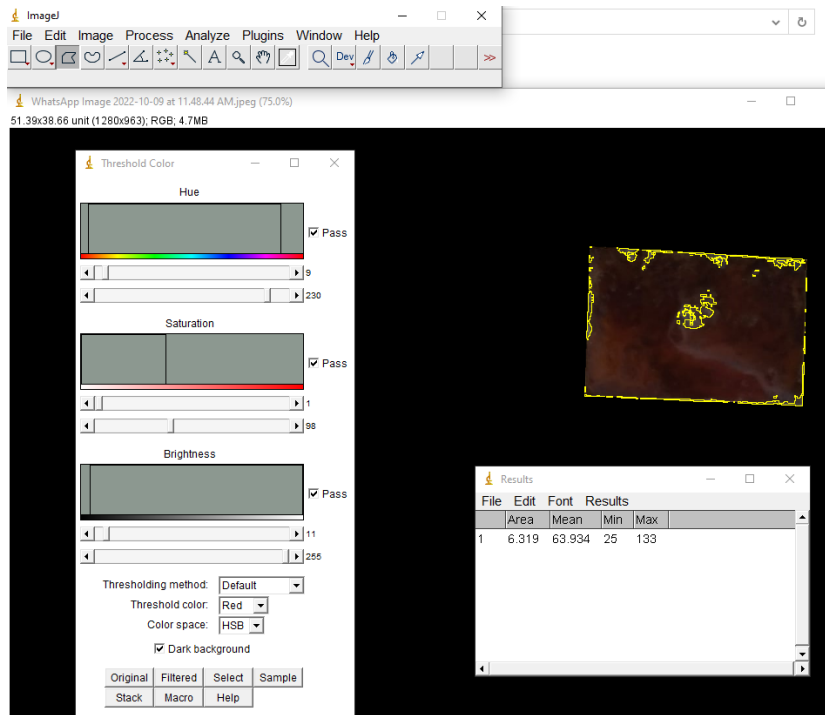


Ilustración 21: Área oxidada en la probeta Blanco, semana 3

Fuente: Reporte del software ImageJ, versión 1.5.3

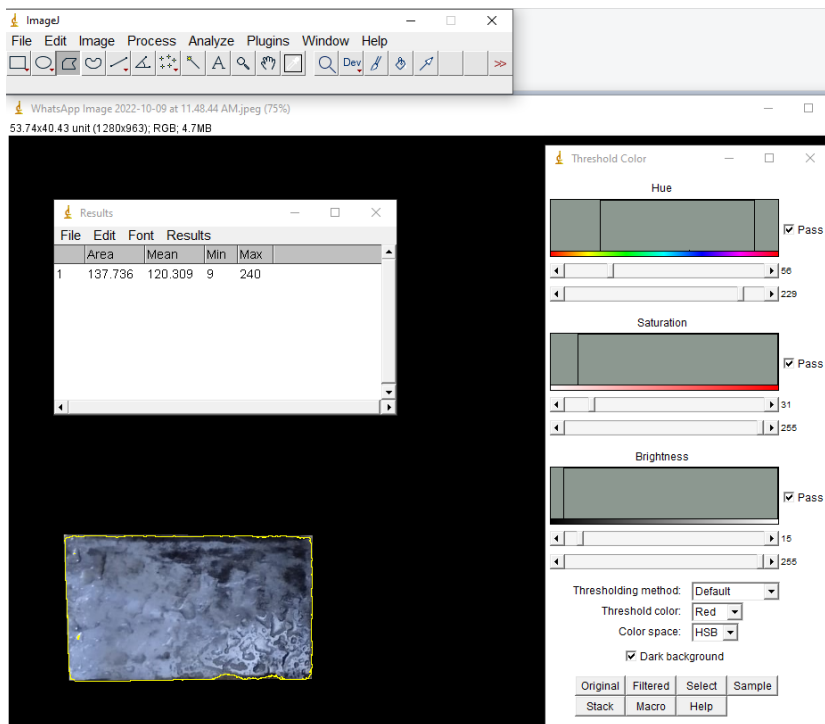


Ilustración 22: Área oxidada en la probeta Barniz, semana 3

Fuente: Reporte del software ImageJ, versión 1.5.3

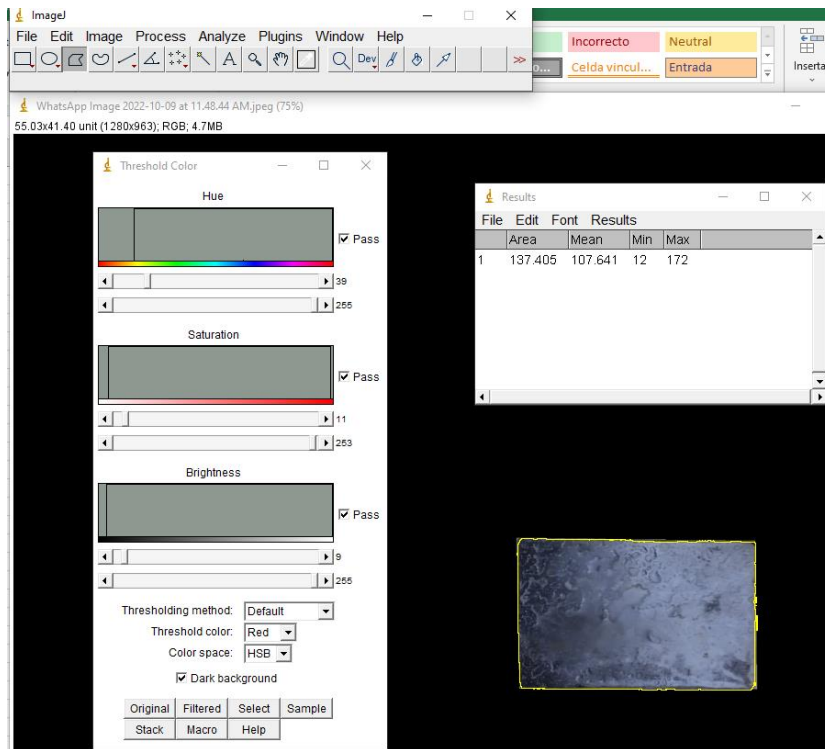


Ilustración 23: Área oxidada en la probeta Spray, semana 3

Fuente: Reporte del software ImageJ, versión 1.5.3

Los datos y resultados medidos en la semana 3, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 11: Medición del área oxidada en las probetas, semana 3

Probeta	Área Total	Área sin oxidar	Área oxidada	% severidad
Aceite N.	141,8	130,9	10,9	7,7
Aceite N. - Aceite C.	140,2	111,1	29,1	20,8
Blanco	139,9	6,3	133,6	95,5
Barniz	148,1	137,7	10,4	7,0
Spray	148,5	137,4	11,1	7,5

Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio

En vista de que en la probeta denominada Blanco, se ha presentado corrosión, también se ha determinado esta área, dando como resultado un 55,2% de severidad. Lo que se muestra en la ilustración siguiente:

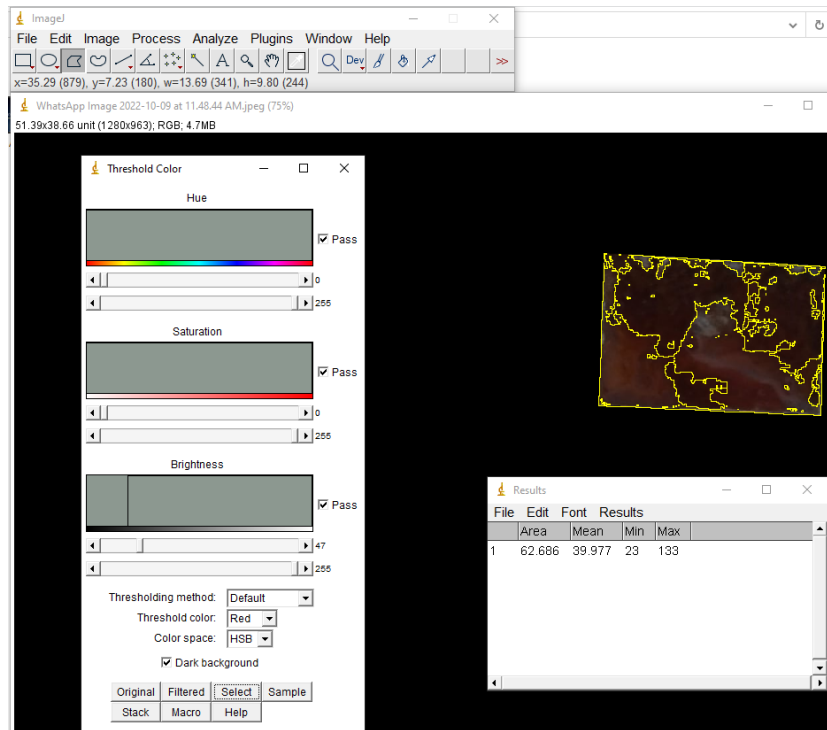


Ilustración 24: Área corroída en la probeta Blanco, semana 3

Fuente: Reporte del software ImageJ, versión 1.5.3

Todos estos datos se han recopilado en una planilla Excel, generando la siguiente tabla de resultados:

Tabla 12: Seguimiento a la severidad de la oxidación y corrosión en las probetas

Probeta	% severidad de la oxidación y corrosión					
	Semana 1		Semana 2		Semana 3	
	G 01	G 02	G 01	G 02	G 01	G 02
Aceite N.	5,5	5,2	6,6	6,9	7,7	8,4
Aceite N. - Aceite C.	0	0,0	17,5	17,2	20,8	18,7
Blanco (oxidación)	48,6	53,9	73,7	67,1	95,5	90,7
Blanco (corrosión)	0	0,0	22,9	25,6	55,2	57,9
Barniz	0	0,0	3,1	2,9	7,0	7,4
Spray	0	0,0	3,8	4,1	7,5	7,0

Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio

De estos resultados, se obtuvo los promedios entre los grupos G1 y G2, para realizar una gráfica de la severidad en la oxidación, la que se muestra en la ilustración siguiente:

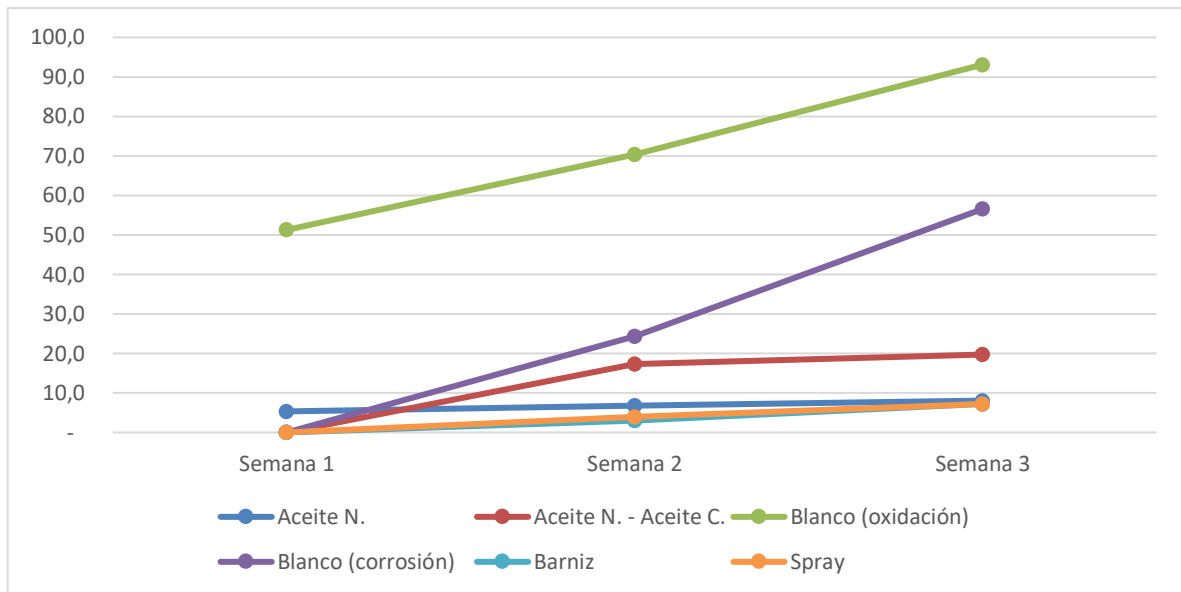


Ilustración 25: Progreso de la oxidación en las probetas

Fuente: Elaboración propia con datos de la Tabla 12

Al observar esta gráfica, se nota como todos los inhibidores aplicados, tienen propiedades antioxidantes, al compararla con la probeta denominada blanco. Al mismo tiempo, se puede notar como el inhibidor a partir de cascara de naranja, tiene un desempeño bastante cercano al de los inhibidores comerciales.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

5.1. OBTENCIÓN DE FENOLES

El rendimiento de contenido fenólico presente en las cáscaras de naranja depende del método de extracción y/o condiciones presentes en éste, además del disolvente utilizado.

El mejor sistema de extracción de los compuestos fenólicos es utilizando cáscara húmeda a una temperatura de entre los 70 y 75 °C.

El disolvente etanol ofrece resultados en la extracción de fenoles a partir de las cáscaras de naranja.

5.2. ACCIÓN INHIBIDORA DE LOS POLIFENOLES

De manera preliminar, basados en los 40 días de aplicación de la solución salina aplicada a la probeta cubierta con el extracto de fenoles de cascara de naranja (Aceite N), se puede afirmar que presenta una buena acción inhibidora, reduciendo significativamente la aparición del fenómeno de corrosión.

La acción de diluir el inhibidor de cascara de naranja con aceite de coco (Aceite N – Aceite C), resulto en una menor acción inhibidora, por lo que se puede concluir, que la concentración de fenoles en la capa aplicada en la proporcional a la acción inhibidora de los fenoles.

El anticorrosivo y el barniz presentaron una acción inhibidora de la oxidación superior a la de los fenoles obtenidos de la cascara de naranja, como habría sido de esperar, ya que estos son productos industriales.

Se concluye que los polifenoles extraídos de residuos cítricos, inhiben la corrosión electroquímica del acero al carbono, de manera general, aunque con un rendimiento inferior al de los productos convencionales elaborados de manera industrial.

Aunque, llegados a este punto, no se ha podido conseguir un acero al carbón A53 para utilizarlo como probetas de prueba, se puede deducir que: se puede obtener

un recubrimiento anticorrosivo a partir de residuos cítricos para la prevención y el control de la corrosión, que podría ser aplicado en la alimentación en los oleoductos de redes primarias de gas natural, pero esta acción sería innecesaria, ya que estos aceros de alta resistencia, son fabricados con propiedades altamente resistentes a la oxidación.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

Los aceros utilizados en la fabricación de los gasoductos, reúnen un conjunto de propiedades físicas, químicas, mecánicas y térmicas, que les dotan de resistencia a la oxidación, mediante la formación de aleaciones con otros metales como el cromo, níquel y otros elementos, además proceso de fundición y templado, que les confieren la propiedad que los identifica, aún en ambientes húmedos, ácidos y químicamente agresivos.

Considerando lo anterior, la aplicación de películas anticorrosivas es innecesaria en este tipo de ductos. Por lo que la aplicación de una película protectora obtenida a partir de cascara de naranja tampoco es necesaria. Sin embargo, se ha demostrado que los polifenoles obtenidos de residuos de naranja tienen propiedades inhibidoras a la oxidación en aceros al carbón, y pueden ser aplicados en procesos con menores exigencias a las de un gasoducto. Esto confirma los estudios encontrados en la bibliografía, donde se realizaron pruebas con otras fuentes de polifenoles aplicados en aceros denominados dulces.

Se recomienda la aplicación de anticorrosivos para proteger metales denominados “aceros dulces” o “ferrosos”, utilizados en procesos menos especializados, donde un inhibidor orgánico puede cumplir con las necesidades de protección requeridas.

Bibliografía

- Beavers, J. A., & Thompson, N. G. (2006). *External Corrosion of Oil and Natural Gas Pipelines*. Ohio: ASM International.
- ACARAPI CALLISAYA, R. (2017). *ELIMINACIÓN DE LA CORROSIÓN GENERADA POR CO₂ EN LA PLANTA CARRASCO MEDIANTE LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ABSORCIÓN QUÍMICA EMPLEANDO HIDRÓXIDO DE SODIO [Proyecto de Grado, UMSA]*. Repositorio Institucional, La Paz.
- Alvarado Rodriguez, J. (s.f.). *construaprende*. Recuperado el 18 de Mayo de 2022, de *construaprende*: <https://www.construaprende.com/docs/trabajos/308-fabricacion-acero?start=1>
- Andarcia Garcia, O., & Molina Robles, Z. (2013). *Estudio de los Aceros Empleados para el Transporte de Gas por Tuberías [Proyecto de Grado, UNIVERSIDAD DE ORIENTE - NÚCLEO DE MONAGAS]*. Repositorio Institucional, MATURÍN, MONAGAS, Venezuela.
- BENÍTEZ CONTRERAS, I., & VÉLEZ DÍAZ, J. (2013). *OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A PARTIR DE POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO [Proyecto de Grado; Universidad de Cartagena]*. Repositorio Institucional, Cartagena.
- CARVAJAL R., L. (s.f.). *lizardo-carvajal*. Recuperado el 15 de Junio de 2022, de *lizardo-carvajal*: <https://www.lizardo-carvajal.com/investigacion-aplicada/>
- CASTELLANOS GONZÁLEZ, L. M. (2012). *ESTUDIO DE LA EFICIENCIA INHIBIDORA DE CORROSIÓN CON UN IMPACTO [Trabajo de Grado, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR]*. Repositorio Institucional, CARTAGENA DE INDIAS.
- criteriicapacitacion*. (2020). Obtenido de *criteriicapacitacion*: <https://www.criteriicapacitacion.com/cursos/554-codigo-asme-b31-8-tuberias-de-transporte-y-distribucion-de-gas-natural#:~:text=y%20pr%C3%A1cticas%20recomendadas.-,ASME%20B31.,y%20transmisi%C3%B3n%20de%20gas%20natural.&text=Factores%20de%20dise%C3%B1o%2C%2>
- El moussaoui, A., Kadiri, M., Bourhia, M., Agour, A., Salamatullah, A. M., Alzahrani, A., . . . Bari, A. (2021). Promising Antioxidant and Anticorrosion Activities of Mild Steel in 1.0 M Hydrochloric Acid Solution by Withania frutescens L. Essential Oil. *Chem. Sec. Electrochemistry*.
- Hassan, K. H., Khadom, A. A., & Kurshed, N. H. (2016). Citrus aurantium leaves extracts as a sustainable corrosion inhibitor of mild steel in sulfuric acid. *South African Journal of Chemical Engineering*, 5.

- Meza Castellar, P., Tejada Tovar, C., Benítez Contreras, I., Vélez Díaz, J., & Villabona Ortiz, A. (Junio de 2016). *scielo*. Obtenido de scielo:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000100002
- Naimani Philip, J. Y., Buchweshaija, J., & Mwakalesi, A. (2016). Corrosion Inhibition of Amino Pentadecylphenols (APPs) Derived from Cashew Nut Shell Liquid on Mild Steel in Acidic Medium. *Scientific Research Publishing Inc.*
- Ordoñez Gómez, E., Reátegui Díaz, D., & Villanueva Tiburcio, J. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*, 9.
- Salazar Jiménez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica). *Tecnología en Marcha*, 10.
- SIMANCAS, J., & MORCILLO, M. (s.f.). FACTORES CONDICIONANTES DE LA DURABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PINTURAS ANTICORROSIVAS SOBRE ACERO EN EXPOSICIONES ATMOSFÉRICAS. *Revista de Metalurgia*, 5.
- Singha, A., Singh, V., & Quraishi, M. (2010). Effect of fruit extracts of some environmentally benign green corrosion inhibitors on corrosion of mild steel in hydrochloric acid solution. *Journal of Materials and Environmental Science*, 13.
- Soma, S., & Genitha, I. (2014). Extraction of Antioxidants from Fruit Peels and its Utilization in Paneer. *Food: Processing & Technology*, 5.
- Tejada Benítez, L. P., Meza Castellar, P. J., Altamiranda Percy, E. D., & Berrocal Bravo, M. J. (2014). Uso de extractos de plantas como inhibidores de corrosión. *Informador Técnico (Colombia)*, 155-165.
- Vázquez, M. (2018). *La corrosión: El peor de los villanos cuando dominan los metales*. Mar del Plata: Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

ANEXOS

Anexo 1. Registro de SENAPI



2022-TLIT-1116-D-T

**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2966/2022
La Paz, 13 de Diciembre del 2022**

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha 8 de Diciembre del 2022, por **NICOLÁS QUENTA TICONA**, con C.I. N° 2342704 LP, con número de trámite **DA 1382/2022**, señala la pretensión de inscripción de la Compilación de Obras Escritas titulada: **"PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN UPEA GESTIÓN 2022 - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA"**, conformada por las Obras Escritas: **"PRODUCCIÓN DE ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE CÍTRICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO"**, **"OBTENCIÓN DE ÁCIDO TEREFTÁLICO POR SOLVOLISIS A PARTIR DE POLIETILENO DE TEREFTALATO EN LA CIUDAD DE EL ALTO"**, **"PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE TUBÉRCULOS PARA AUMENTAR EL OCTANAJE DE LA GASOLINA EN LA CIUDAD DE EL ALTO"** y **"PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS POR EL PROCESO DE PIROLISIS A PARTIR DE MEZCLAS POLIMÉRICAS POST-CONSUMO EN LA CIUDAD DE EL ALTO"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en los Formularios de Solicitud, documentación que tiene la calidad de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4° del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16° del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26° inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

**"2022 AÑO DE LA REVOLUCIÓN CULTURAL PARA LA DESPATRIARCALIZACIÓN:
POR UNA VIDA LIBRE DE VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES"**



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, No 505,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Miramón,
Telfs.: 2195700 - 2195706
2195251 Fax: 2195700

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijano,
N° 25, Edif. Bicentenario,
Telfs.: 312752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Chuquisaca, N° 649,
Piso 2, entre Antezana y Lama
zona Central - Moreste,
Telfs.: 4401409 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ida. Piso 2, Of. 5B,
zona 15 de Julio,
Telfs.: 2140001 - 72043009

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriolagasta,
zona Parque Bolívar,
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Calle Ingavi, N° 385
entre Santa Cruz
y Mendoz, zona
La Pampa,
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre,
N° 5837, entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14 (Ex Banco Fle),
Telf.: 07201286

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles:
Wenceslao Albo y San Alberto,
Edif. Am. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.



Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*.

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Obras Escritas de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, la Compilación de Obras Escritas titulada: **"PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN UPEA GESTIÓN 2022 - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA"**, conformada por:

- **"PRODUCCIÓN DE ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE CÍTRICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO"**, a favor de los autores: RUDDY SIMÓN MACHICADO OSCO con C.I. Nº 4291617 LP, ANA CAROLA CHURA BALTAZAR con C.I. Nº 1769093 PD y MERY MAMANI CALLIZAYA con C.I. Nº 9129953 LP y como titular derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA, con NIT Nº 122025022, representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.
- **"OBTENCIÓN DE ÁCIDO TEREFTÁLICO POR SOLVOLISIS A PARTIR DE POLIETILENO DE TEREFTALATO EN LA CIUDAD DE EL ALTO"**, a favor de los autores: STEFFI LAURA USQUIANO MARQUEZ con C.I. Nº 6923742 LP, HEBERT HILARI PACOSILLO con C.I. Nº 9953502 LP y RICHARD RUBEN LUQUE POMA con C.I. Nº 9103862 LP y como titular derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA con NIT Nº 122025022, representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.
- **"PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE TUBÉRCULOS PARA AUMENTAR EL OCTANAJE DE LA GASOLINA EN LA CIUDAD DE EL ALTO"**, a favor de los autores: ELMA ROCIO CORDOVA QUISPE con C.I. Nº 4287743 LP, HECTOR RAMIRO MORALES FERNANDEZ con C.I. Nº 8366229 LP y LOLA ESTELA MALDONADO MAMANI con C.I. Nº 7093609 LP y como titular

**"2022 AÑO DE LA REVOLUCIÓN CULTURAL PARA LA DESPATRIARCALIZACIÓN:
POR UNA VIDA LIBRE DE VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES"**



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, No 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Williams,
Telfs.: 2157000 - 2159276
2159251 Fax: 2157000

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijano,
Nº 39, Edif. Bicentenario,
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Chuquisaca, Nº 545,
Piso 2, entre Arce y Lanza
zona Central - Moreste,
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, Nº 2550-
Edif. Multicentro El Ceibo
Uda. Piso 2, Of. 5B,
zona 16 de Julio,
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, Nº 366
casi esq. Urriolagoitia,
zona Parque Belívar,
Telf.: 72005073

Oficina - Tarija
Calle Ingavi, Nº 385
entre Santa Cruz
y Méndez, zona
La Pampa,
Telf.: 72095286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre,
Nº 5837, entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14 (Ex Banco Fie),
Telf.: 67201288

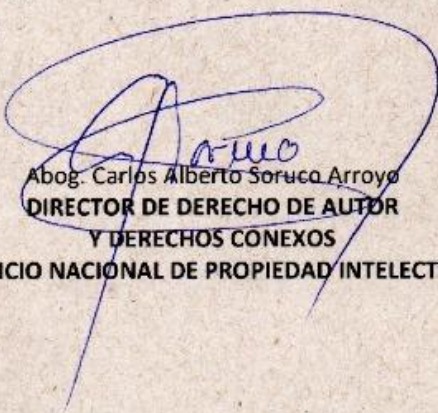
Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alva y San Alberto,
Edif. AM. Salinas Nº 242,
Primer Piso, Of. 17,
Telf.: 67201288

derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA, UNIVERSIDAD PUBLICA DE EL ALTO - UPEA, con NIT N° 122025022, representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.

- "PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS POR EL PROCESO DE PIROLÍISIS A PARTIR DE MEZCLAS POLIMÉRICAS POST-CONSUMO EN LA CIUDAD DE EL ALTO", a favor de los autores: ANA LUISA PARI TICONA con C.I. N° 6753005 LP, bajo el seudónimo ANA LUISA, ANA GABRIELA APAZA MAMANI con C.I. N° 9910420 LP y NOEMI MAMANI CHOQUE con C.I. N° 9250147 LP y como titular derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA, UNIVERSIDAD PUBLICA DE EL ALTO - UPEA con NIT N° 122025022, representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.

Quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Abog. Carlos Alberto Soruco Arroyo
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS**
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



CASA/osmb
c.c.Arch.



**"2022 AÑO DE LA REVOLUCIÓN CULTURAL PARA LA DESPATRIARCALIZACIÓN:
POR UNA VIDA LIBRE DE VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES"**



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, No 515,
entre Eje. Uruguay y
C. Batallón Illimani,
Telfs.: 2195700 - 219276
219251 Fax: 2195700

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijano,
N° 29, Edif. Bicentenario,
Telfs.: 321751 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Chuquisaca, N° 649,
Piso 2, entre Antezana y Lanza
zona Central - Noroeste,
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 3560
Edif. Multicentro El Ceibo
Itda. Piso 2, Of. 5B,
zona 16 de Julio,
Telfs.: 2191001 - 72043039

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
cas. esq. Illimogotia,
zona Parque Bolívar,
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Calle Ingevi, N° 385
entre Santa Cruz
y Méndez, zona
La Pampa,
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre,
N° 5837, entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14 (Ex Banco Fie),
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Solinas N° 262,
Primer Piso, Of. 17.

Anexo 2. Fotografías del laboratorio IGP



Anexo 3. Solicitud de autorización para visita a la Planta DELIZIA



Universidad Pública de El Alto
ÁREA CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA
Creada por Resolución del Honorable Consejo Universitario Nº 0034/2007 del 14 de mayo de 2007
Reconocida por la CEUB SNA No. 110/2010
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

El Alto, 12 de julio de 2022
II-JGP-NE N° 10/2022

RECUENTO
12 JUL 2022

Señor
Ing. Adrián Paniagua
GERENTE OPERATIVO
COMPAÑÍA DE ALIMENTOS "DELIZIA" - BOLIVIA
Presente. -

REF.- Solicitud de visita técnica a la Planta Industrial de Alimentos DELIZIA para recabar información para trabajo de Investigación

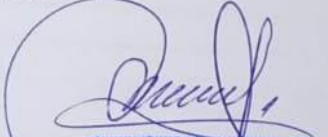
Distinguido Señor Gerente:

En principio reciba usted un cordial saludo de parte del Instituto de Investigaciones de la Carrera de Ingeniería de Gas y Petroquímica de la Universidad Pública de El Alto y los deseos de éxito en la gestión que desempeña en esa industria de alimentos.

Como es de su conocimiento, las universidades realizan trabajos de investigación a través de Institutos de Investigaciones, es así que la carrera de Ingeniería de Gas y Petroquímica está realizando investigación entre otros temas la "PRODUCCIÓN DE ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE CÍTRICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO" en este sentido requieren recopilar información sobre el consumo de cítricos en todo el proceso de elaboración de lácteos en su prestigiosa industria de alcance nacional, por lo que solicito a su distinguida empresa recibir al equipo investigador y proporcionar la información solicitada para que prosigan con la tarea encomendada. El equipo de Investigadores asignado al tema y los que se apersonaran hacia su institución son:

Ing. Ruddy Simón Machicado Osco
Univ. Mery Mamani Callizaya
Univ. Ana Carola Chura Baltazar

Con este motivo y seguro de su colaboración, reitero mis saludos cordiales a usted con las consideraciones más distinguidas.
Atentamente,


M. Sc. Ing. Nicolas Ojeda Ticona
COORDINADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA



CDU/
C.E. / Archivo II-JGP

Zona Villa Ingenio Plaza 18 de febrero Carrera Ingeniería de Gas y Petroquímica s/n - Tel. Fax 2-862668 Int. 3006
Correo Electrónico: ing.gasypetroquimica@hotmail.com

Anexo 4. Entrevista en la Planta Industrial de DELIZIA

Lo primero que nos llamó la atención de realizar esta entrevista es por los cítricos que consumen para la elaboración de del Tampico y otros productos hechas de cítrico.

Lo primero que hacen es extraer el jugo de naranja y utilizar un cierto porcentaje en bebidas aproximadamente de 600 litros por turno de 8 horas dependiendo ya que solo hay dos turnos al día en total 1200 litros. Conocer también que la cascara de naranja no es utilizado solo el jugo de la naranja.

Generalmente no se desecha el jugo de naranja lo conservan ya sea refrigerado

Las propiedades que contiene el jugo de naranja son tan cual haciendo un análisis y nutrientes del jugo son: vitaminas A, C, HIERRO, FOSFORO, CALCIO Y PROTEINIANAS, todo esto funciona como un complemento nutricional del jugo de naranja

Tienen convenio con los productores de naranja de Alto Beni (La Paz). El consumo de la naranja el ingreso semanal es 45000 toneladas dependiendo a veces hasta dos camiones mucho depende de la demanda.

La importancia de investigación que realizaremos en el uso del cítrico como un anticorrosivo en opinión del feje de control de calidad.

Desde un punto de grado alimenticio hasta ahora no hay mucha relevancia, pero si habrá más relevancia cuando se tenga cítricos podridos o se encuentran en mal estado: Por ejemplo, en una planta industrial cualquier no siempre utilizan cítricos.

Si un producto es rechazado mayor al 5 % por ende nos llega semanal entre 10000 o 20000 naranjas multiplicando por ese factor del 5% supongamos que este porcentaje sea mayor o menor donde pueden ser cítricos que no son aptas para utilizar en bebidas o algún otro tipo de productos, si se da una utilidad o importancia al porcentaje desechado ya no se estaría perdiendo y nosotros utilizaríamos en la necesidad que requerimos un anticorrosivo (inhibidor).

Frutos Climatéricos y No Climatéricos. Puede depender también de la maduración del cítrico existen varios grados de madures: frutos climatéricos y no climatéricos. Los frutos de los cultivos son indispensables en la dieta humana por sus cualidades nutraceuticas, lo cual los constituye como un valioso producto comercial que genera una actividad económica dentro de la agricultura. Por lo anterior, realizar adecuadamente las operaciones postcosecha permitirá obtener frutos de gran calidad; por el contrario, el manejo inadecuado de los frutos en postcosecha reduce significativamente la calidad en sus características organolépticas. Existen distintas investigaciones que reportan pérdidas promedio de 25 % de la producción en países desarrollados durante postcosecha, mientras que en países subdesarrollados puede llegar hasta 60 %; sin embargo, estas pérdidas pueden oscilar entre un 5 hasta 100 %. El porcentaje de pérdida durante postcosecha dependerá del grado de control de factores que afecten la calidad de los productos. Uno de los factores más importantes es la fisiología en la maduración de los frutos, la cual determina en gran medida el manejo a seguir para proporcionar una mayor vida de anaquel. Madurez de los frutos Los frutos suelen adquirir sus propiedades características al momento de madurar. La madurez de los frutos suele definirse como un proceso irreversible, en el que ocurren cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos, bajo el control genético y hormonal, que proporciona las características organolépticas deseadas. Manifestaciones de la madurez (color, tamaño, etc.) suelen relacionarse con el período de cosecha de los frutos. Sin embargo, es importante.

La limitación en esta investigación no debería ser un limitante porque si lo reutilizamos y no se eche a perder el jugo está perfecto.

Proceso y disposición de desechos de los cítricos. No realizan ningún proceso de extracción y proceso de destilación, el proceso para sacar el jugo de la naranja son máquinas industriales (exprimidor) en el transcurso fricción se filtra a los contenedores.

Tienen un destilador de bola en laboratorio, pero no es de gran utilidad.

Una vez utilizado el jugo de naranja lo demás no lo están dando una aplicación por tal motivo lo desechan a la separación de residuos y es transportada por el encargado de recoger la basura (trébol) sacan un porcentaje de tonelaje alta.

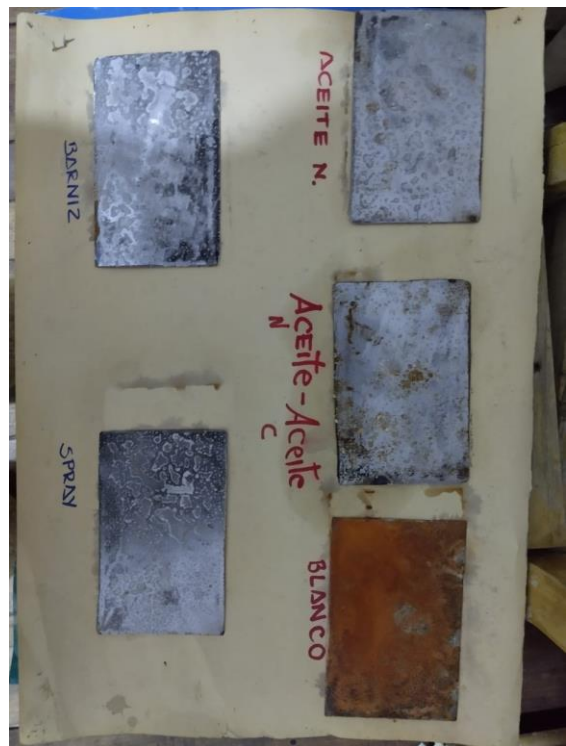
Anexo 5. Fotografías en campo



Anexo 6. Fotografías en laboratorio



Anexo 7. Fotografías del proceso de elaboración de las probetas para el muestreo



Anexo 8. Fotografías del evento Feria de Ciencia y Tecnología V6



PRODUCCIÓN DE ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE CÍTRICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO

Anexo 9. Material impreso para el evento Feria de Ciencia y Tecnología V6

EL ACERO DE LOS GASODUCTOS

Las normativas de acero al carbono para la construcción de gasoductos son emitidas por el Instituto Americano de Petróleo (API), según norma del código ASME B31.8

El acero A53 (grados A y B) es el más utilizado para el transporte de gas por tuberías.

Es un acero al carbono de alta resistencia debido a que puede soportar altas presiones y resistencia a la corrosión.

MÉTODOS PARA EVITAR LA CORROSIÓN

- * Eliminación de elementos corrosivos (alteración del ambiente).
- * Utilización de mejores materiales de construcción resistentes a la corrosión.
- * Barrera intermedia entre el material y elementos corrosivos.

POLIFENOLES COMO ANTICORRIVO

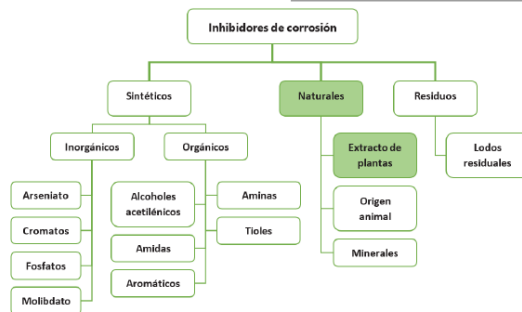
En esta investigación se desarrolló un sistema de protección hidrofóbico y anticorrosivo a partir de polifenoles presentes en las cascara de naranja.

RESULTADOS

Los resultados de la evaluación de las propiedades anticorrosivas de la formulación del recubrimiento de polifenoles arrojaron que el recubrimiento sin tratar presentó la mayor resistencia a la corrosión, sin embargo, esta solución no es mejor que los inhibidores convencionales.

CONCLUSIONES

En base a los resultados y análisis de éstos, se concluye que los fenoles de la cascara de naranja efectivamente forman una capa protectora de tanatos de hierro.

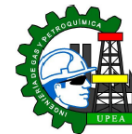


UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO



FERIA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA VERSIÓN VI

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA



"PRODUCCIÓN DE ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE CÍTRICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO"

INTRODUCCIÓN

EL RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DEL SECTOR INDUSTRIAL Y AGROINDUSTRIAL A NIVEL MUNDIAL SE HA CONVERTIDO EN UNA DE LAS GRANDES TENDENCIAS EN MATERIA DE INVESTIGACIÓN, NO SOLO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA MINIMIZACIÓN DE LAS CANTIDADES GENERADAS, SINO TAMBIÉN DESDE LA REUTILIZACIÓN DE LOS MISMOS PARA DISMINUIR LA PRESIÓN Y DEMANDA SOBRE LOS RECURSOS NATURALES.

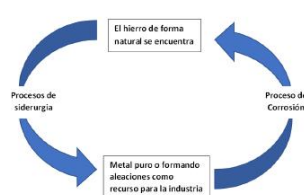
EN ESTE SENTIDO, DESDE EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE GAS Y PETROQUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO, PRESENTA LA SIGUIENTE INVESTIGACIÓN QUE TIENE EL PROPÓSITO DE PROPONER LA OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO PROVENIENTE DE RESIDUOS CRÍTICOS, QUE ACTÚE COMO ANTICORROSIVO EN EL METAL QUE CONSTITUYE LOS GASODUCTOS UTILIZADOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.



OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

OBTENER UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS CÍTRICOS PARA LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL DE LA CORROSIÓN, APLICADO EN LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO.

EL CICLO DE LA CORROSIÓN EN LOS METALES



HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

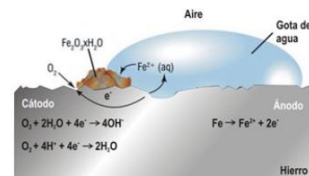
EL EFECTO ANTIOXIDANTE DE LOS POLIFENOLES EXTRAÍDOS DE RESIDUOS CÍTRICOS, INHIBE LA CORROSIÓN ELECTROQUÍMICA DEL ACERO AL CARBONO EMPLEADO EN GASODUCTOS.

CORROSIÓN ENOMENO ELECTROQUÍMICO

Fenómeno natural en el cual, un metal reacciona con el medio ambiente para formar óxido.

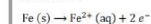
La celda que causa este proceso está compuesta por tres componentes un ánodo, un cátodo un electrodo.

El ánodo es el lugar donde el metal es corroído: el electrolito es el medio corrosivo.

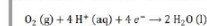


La secuencia del proceso que se considera más probable es la siguiente:

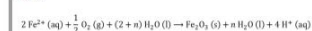
1. Cuando una gota de agua llega a la superficie del hierro, este se oxida:



2. Con los electrones que se liberan en la oxidación se reduce el oxígeno del aire en el borde de la gota de agua:



3. Los iones que se formaron en el ánodo sufren una oxidación posterior a por el oxígeno y dan lugar a óxidos de hierro:



El proceso electroquímico expuesto explica que la corrosión se lleve a cabo rápidamente en medio ácido, ya que los protones actúan de catalizadores (los que se desprenden en la oxidación de Fe(II) a Fe(III)), coinciden con los que se necesitan en los primeros pasos).

“PRODUCCIÓN DE ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE CÍTRICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO”

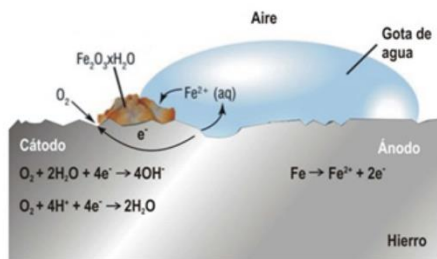
“PRODUCCIÓN DE ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE CÍTRICOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO”

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

OBTENER UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A PARTIR DE RESIDUOS CÍTRICOS PARA LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL DE LA CORROSIÓN, APLICADO EN LA ALIMENTACIÓN DE REDES PRIMARIAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE EL ALTO.

PROCESO DE CORROSION

Fenómeno natural en el cual, un metal reacciona con el medio ambiente para formar óxido. La celda que causa este proceso está compuesta por tres componentes un ánodo, un cátodo un electrodo. El ánodo es el lugar donde el metal es corroído: el electrolito es el medio corrosivo.



EL ACERO EN EL DUCTO

LAS NORMATIVAS DE ACERO AL CARBÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE GASODUCTOS. LAS RECOMENDACIONES POR EL INSTITUTO AMERICANO DE PETRÓLEO (API), SEGÚN NORMA DEL CÓDIGO ASME B31.8

- ACEROS AL CARBONO
- ACEROS ALEADOS
- ULTRA-RESISTENTES DE BAJA PRESION
- ACEROS INOXIDABLES

El acero A53 (grados A y B) es el más utilizado para el transporte de gas por tuberías.



POLIFENOLES COMO ANTICORRIVO

Se desarrolló un sistema de protección hidrofóbico y anticorrosivo a partir de polifenoles presentes en las cascara de naranja.



EXPERIMENTACIÓN

POLIFENOLES EXTRAÍDOS DE LA CASCARA DE NARANJA

EMPLEANDO ETANOL COMO DISOLVENTE.



PLANCHAS DE ACERO INOXIDABLE

EL 306 ES MAS UTILIZADO Y ECONÓMICO.



RESULTADOS

Los resultados de la evaluación de las propiedades anticorrosivas de la formulación del recubrimiento de polifenoles, arrojaron que el recubrimiento sin tratar presentó la mayor resistencia a la corrosión, sin embargo, esta solución no es mejor que los inhibidoras convencionales.

