



## **ING. AUTOMOTRIZ**

**Trabajo integración Curricular previa a la  
obtención del título de Ingeniero en Automotriz.**

**AUTOR:**

Edwin Steven Cevallos Guamán

**TUTOR:**

Ing. Fernando Suárez PhD(c)


Análisis de un sistema de pintura bicapa mediante el método de  
corrosión acelerada en un vehículo de producción nacional.



## CERTIFICACIÓN

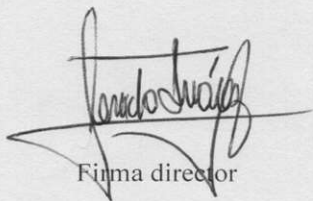
Yo, Edwin Steven Cevallos Guamán, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Firma Estudiante

Yo, Jorge Fernando Suárez Aimacaña DIRECTOR, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firma director

## **DEDICATORIA**

**La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis padres porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mi hermano por sus palabras y su compañía, a mi abuelita Rosita, aunque no esté físicamente con nosotros, sé que desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga muy bien. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Gracias Dios por los padres que otorgaste.**

## **AGRADECIMIENTO**

**Primeramente, quiero dar gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar del amor de mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias a mi universidad y maestros por permitirme formarme ya que fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.**

**Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias por confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por siempre estar conmigo acompañándome en cada paso que daba en la universidad, por cada larga y agotadora noche de estudio en las que su compañía era lo mejor; gracias a mi padre por siempre desearme y anhelar lo mejor para mi vida, por ser un buen ejemplo de un hombre trabajador y enseñarme su profesión de mecánica automotriz y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida universitaria.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
<b>ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE PINTURA BICAPA MEDIANTE EL MÉTODO DE CORROSIÓN ACELERADA EN UN VEHÍCULO DE PRODUCCIÓN NACIONAL.</b> .....	7
Resumen .....	7
Abstract .....	7
1. Introducción .....	8
2. Marco Teórico .....	8
2.1 Corrosión .....	8
2.2 Cámara salina.....	8
2.3 Tipos de cámaras de corrosión .....	9
2.4 Recubrimientos protectores .....	10
2.4.1 <i>Recubrimientos metálicos</i> .....	10
2.4.2 <i>Recubrimientos no-metálicos</i> .....	10
2.5 Principales causas de corrosión en el metal.....	10
2.6 CRS (Cold Roll Steel) .....	11
2.7 Norma ASTM B117 .....	11
3. Materiales y métodos .....	11
3.1 Materiales .....	11
3.1.1 <i>Cámara salina (Salt spray cabinet)</i> .....	11
3.1.2 <i>Placas ACT CRS</i> .....	11
3.1.3 <i>Dualscopio PMP10</i> .....	11
3.2 Metodología .....	12
3.2.1 <i>Procedimiento</i> .....	12
4. Resultados y discusión .....	16
4.1 Ampollas .....	16
4.2 Corrosión .....	17
4.3 Registro de control en Cámara Salina (500 horas).....	18
4.4 Velocidad de corrosión en placas ACT CRS .....	18
4.5 Grado de ampollamiento en placas ACT CRS.....	20
4.6 Resultado de pruebas de recubrimiento .....	20
5. Conclusiones .....	20
6. Referencias.....	21

# ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE PINTURA BICAPA MEDIANTE EL MÉTODO DE CORROSIÓN ACELERADA EN UN VEHÍCULO DE PRODUCCIÓN NACIONAL.

*Ing. Jorge Fernando Suárez Aimacaña. PhD(c)<sup>1</sup>, Edwin Steven Cevallos Guamán<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Magister en Seguridad y Salud Ocupacional – UISEK, MBA con Mención en Gerencia de la Calidad y Productividad – PUCE, Ingeniero Mecánico – ESPE, [josuarezai@uide.edu.ec](mailto:josuarezai@uide.edu.ec), Quito – Ecuador*

<sup>2</sup> *Ingeniería Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador, [edcevallosgu@uide.edu.ec](mailto:edcevallosgu@uide.edu.ec), Quito – Ecuador*

## Resumen

En el análisis de un sistema de pintura bicapa colocado sobre carrocería de un vehículo nuevo, se desarrollan actividades y pruebas que involucran principalmente el control de la corrosión, a través de la medición de parámetros sobre placas estandarizadas del mismo material base de la carrocería del vehículo, las mismas que mediante el proceso de cámara salina, simulan de una manera acelerada, las condiciones a las que está expuesta una carrocería en el ambiente. Tomando en cuenta, que el sistema de pintura automotriz bicapa nace con el objeto de brindar protección contra la corrosión, en función de la aplicación y curado adecuado de las capas de pintura de fondo y base color-barniz, las cuales se aplican siguiendo las características específicas, entregadas por el proveedor del producto. Siendo el sistema de pintura bicapa un protector de la corrosión, y al mismo tiempo brindando un toque estético por su acabado brillante con distintos tipos de color.

El proceso de pintura automotriz bicapa, así como las pruebas de corrosión acelerada son efectuadas en la ciudad de Quito, en un ambiente controlado a 2800 msnm.

**Palabras clave:** sistema de pintura bicapa, carrocería, cámara salina, corrosión.

## Abstract

Activities and tests are carried out that mainly involve corrosion control in the analysis of a body bilayer paint system in a new vehicle, through the measurement of parameters on standardized plates of the same vehicle body base material, those who through the salt spray cabinet process, simulate the conditions to which a bodywork is exposed in the environment in an accelerated way. It's that the two-layer automotive paint system was created with the aim of providing corrosion protection, depending on the application and proper curing of the primer and color-varnish base coats, which are applied following the specific characteristics, send by the paint supplier. Bilayer paint system is a corrosion protector, and at the same time provides an esthetic aspect due to its glossy finish with different types of color.

The bilayer automotive paint process, and the accelerated corrosion tests are make in Quito city, in a controlled environment at 2800 meters above sea level.

**Keywords:** bilayer automotive paint process, body, salt spray cabinet, corrosion.

## 1. Introducción

El ensayo de cámara salina consiste en someter las láminas aplicadas con la pintura o recubrimiento a analizar, durante un tiempo (500 horas) a la acción de un medio corrosivo (rocío de solución acuosa de cloruro de sodio) dentro de una cámara bajo condiciones determinadas de presión, temperatura y volumen condensado colectado por hora, con el fin de observar su comportamiento respecto a corrosión y ampollas sobre la película de recubrimiento. Todo sonido se presenta a través de vibraciones, y las mismas se transmiten y se manifiestan a través de ondas, las cuales necesitan un medio de transmisión que puede ser sólido, líquido o gaseoso; para nuestro estudio, se toma al aire o de manera general a la atmósfera.

La investigación del presente artículo está dirigida al área de la pintura automotriz de carrocerías, dentro de la cual es posible analizar un sistema bicapa, estudiando y observando el efecto de su aplicación, curado y corrosión, cuya esencia se centra en un método de corrosión acelerada con el uso de una cámara salina, bajo condiciones controladas.

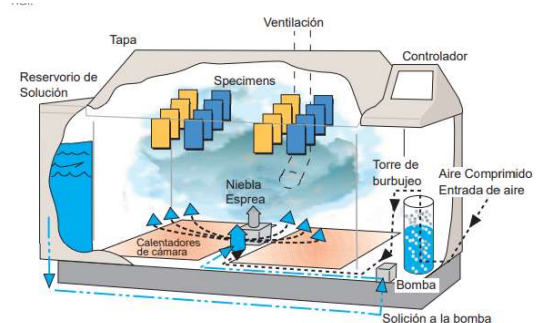
## 2. Marco Teórico

### 2.1 Corrosión

Es la disolución de las propiedades físicas y químicas en los materiales metálicos y sus aleaciones, debido a una reacción con su medio ambiente. Las características principales de este deterioro, solo ocurre en vista de un electrolito, provocando regiones plenamente identificadas y conocidas como anódicas en donde se producirá el deterioro del metal y catódicas en la cual posteriormente se presentará la inmunidad del metal. (Salazar Jiménez, 2015)

### 2.2 Cámara salina

La cámara salina es un equipo de laboratorio planteado para realizar ensayos de corrosión de forma acelerada, el cual proporciona una atmósfera corrosiva formada por una niebla salina, controlando las variables que intervienen en este proceso. Las pruebas por medio de este equipo han recibido una amplia aceptación como una herramienta para evaluar la uniformidad de espesor y el grado de porosidad de recubrimientos metálicos y no metálicos de protección. (ASM, 2003)



**Figura 1. Cámara salina**

Fuente: q-lab. Equipo de cámara salina físico y gráfico. <https://www.q-lab.com/documents/public/fadf2014-60d7-4157-ba34-207ee6bdfffd.pdf>

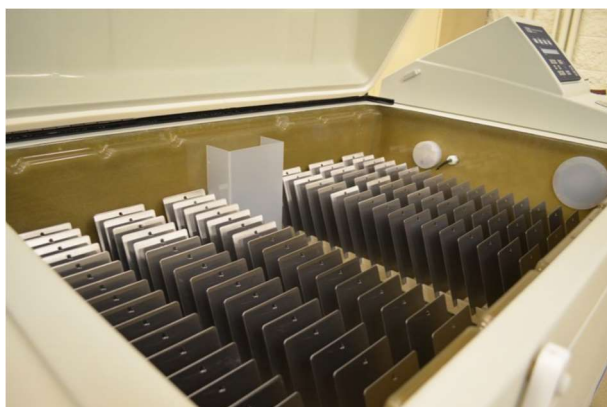


El deterioro de los materiales sometidos a condiciones ambientales adversas durante su vida útil, es uno de los problemas de mayor importancia en el sector productivo, por esta razón se deben realizar pruebas específicas en una cámara salina, para evaluar y estudiar el comportamiento de los metales en un ambiente químicamente activo y estipular el ciclo de vida de este.

Las pruebas de corrosión en una cámara salina, son uno de los ensayos que existen para la evaluación y control de este fenómeno.

Los ensayos acelerados en cámara salina son empleados, para exponer los materiales a condiciones extremas en donde puedan deteriorarse debido a la corrosión. La cámara salina, crea un ambiente salino con humedades altas, y normalmente 35 grados de temperatura, donde exponen el material en el interior, a una niebla salina continua y corrosiva y están documentados por las normas ASTM B 117 Y ISO 9227.

El tiempo transcurrido desde que se introduce el material hasta que comienza el ataque de la corrosión, proporciona una medida de la capacidad de resistencia del metal o del recubrimiento a dicho ataque. Si este resiste 10 horas, se estima que el material podrá durar 1 año aproximadamente, aunque esta relación no se puede tomar como norma pues los ambientes cambian según el lugar y las condiciones en que se encuentre el producto. (SUMATEC, 2022)



**Figura 2. Disposición de placas de prueba en la cámara salina.**

Fuente: Sumatec. Pruebas de corrosión. <https://sumatec.co/pruebas-de-corrosion-en-una-camara-salina/#:~:text=Las%20pruebas%20de%20corrosi%C3%B3n%20en,deteriorarse%20debido%20a%20la%20corrosi%C3%B3n>

### **2.3 Tipos de cámaras de corrosión**

Las cámaras de corrosión pueden ser estáticas o dinámicas (cíclicas).

La diferencia entre las cámaras de corrosión estática y las cámaras de corrosión dinámica estriba en la simulación de climas corrosivos constantes o de climas cambiantes. Así, definimos como ensayo de corrosión dinámico al consistente en la realización de ciclos de climas secos y climas húmedos combinados con fases de niebla salina, de forma cambiante y repetitiva.

Las cámaras de corrosión cíclica son de sistemas avanzados de ensayos acelerados de laboratorio capaces de reproducir las condiciones reales atmosféricas que se producen en cualquier área marítima del planeta durante los periodos nocturno y diurno, de forma cíclica y repetitiva.

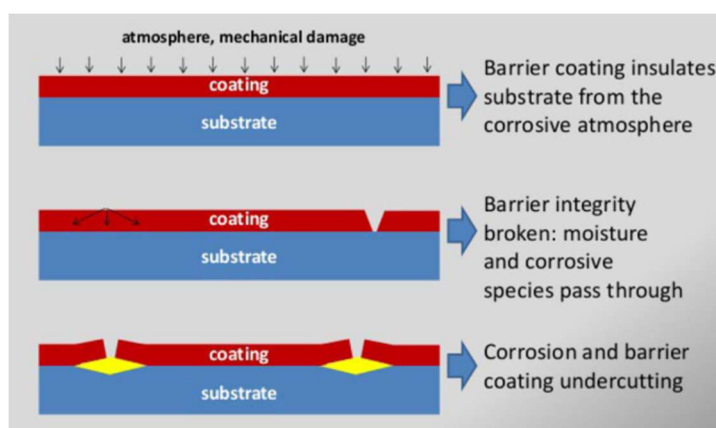
Las condiciones climatológicas corrosivas típicas que se encuentran en las zonas del litoral marítimo son las siguientes:

- Alta humedad y condensación nocturna con descenso de temperatura.
- Elevación de temperatura y descenso de la humedad a partir de la salida del sol.
- Deposición de niebla salina procedente de la dispersión por el oleaje y el viento.

Dado que los materiales que prestan sus funciones en dichas zonas, se verán necesariamente expuestos a tales cambios climatológicos de forma sistemática, es por lo que se hace obligado realizar ensayos de laboratorio. (Ingeniería Química.net, 2022)

## 2.4 Recubrimientos protectores

Estos recubrimientos se utilizan para aislar el metal del medio agresivo. Veamos en primer lugar aquellos recubrimientos metálicos y no-metálicos que se pueden aplicar al metal por proteger, sin una modificación notable de la superficie metálica.



**Figura 3. Recubrimientos protectores.**

Fuente: ILCE. Capas protectoras de pintura y huellas de corrosión.

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/09/hm/sec\\_10.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/09/hm/sec_10.html)

### 2.4.1 Recubrimientos metálicos

Pueden lograrse recubrimientos metálicos mediante la electrodeposición de metales como el níquel, cinc, cobre, cadmio, estaño, cromo, etc. (ILCE, 2022)

### 2.4.2 Recubrimientos no-metálicos

Podemos incluir dentro de éstos las pinturas, barnices, lacas, resinas naturales o sintéticas. Grasas, ceras, aceites, empleados durante el almacenamiento o transporte de materiales metálicos ya manufacturados y que proporcionan una protección temporal.

Recubrimientos orgánicos de materiales plásticos: Esmaltes vitrificados resistentes a la intemperie, al calor y a los ácidos. (ILCE, 2022)

## 2.5 Principales causas de corrosión en el metal

El contacto del material metálico con el oxígeno y la humedad produce un fenómeno electroquímico complejo. La presencia de agua en el ambiente provoca corrosión, mientras que la reacción de los metales con el aire es la causa de la oxidación. En los materiales

metálicos la corrosión más común es la que se genera por una reacción química por la que se transfieren electrones de un material a otro. Podemos decir que la oxidación es el ataque del oxígeno (en forma de aire o agua) y la corrosión es el deterioro que provoca.

Pero, además de la humedad, hay otros agentes corrosivos, como es el caso de las altas temperaturas, de la salinidad ambiental propia de la cercanía al mar y de la contaminación industrial con dióxido de azufre concentrado. (Structuralia, 2021)

## **2.6 CRS (Cold Roll Steel)**

El laminado en frío es un proceso industrial que consiste en la deformación continua a alta velocidad de materiales metálicos, generalmente el acero, además del hierro, el aluminio, el cobre y sus diferentes aleaciones. Se lleva a cabo a temperatura ambiente, lo que hace posible la recristalización del metal. (ALSIMET, 2020)

## **2.7 Norma ASTM B117**

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) es la norma más ampliamente empleadas para evaluar la resistencia a la corrosión de metales recubiertos y sin recubrimiento, expuestos a un medio ambiente corrosivo controlado. (Chacón, 2021)

## **2.8 pH**

Es el Logaritmo negativo en base 10 de la concentración de ion de hidrógeno:  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ . (Bursten, 2004)

## **2.9 Oxidación**

Es el proceso en el que una sustancia pierde uno o más electrones. (Bursten, 2004)

# **3. Materiales y métodos**

## **3.1 Materiales**

### *3.1.1 Cámara salina (Salt spray cabinet)*

Cuenta con una unidad de visualización y control de temperatura, la cual mide y controla la niebla con una pulverización continua y periódica de sal, contando con una tapa transparente para observar y un sello de capó hidrostático. Su calibración ISO17025 al día.

### *3.1.2 Placas ACT CRS*

De dimensiones 10 x 30 cm con recubrimiento de color azul y beige.

### *3.1.3 Dualscopio PMP10*

Conocido también como medidor de espesores, marca Fischer, calibrado a la fecha de medición. Junto con la sonda ESG20 es un dispositivo manual fue desarrollado especialmente para la industria automotriz para medir revestimientos dúplex (pintura / zinc sobre el acero o el hierro). (Testk, 2022)

### *3.1.4 Cinta adhesiva*

Cinta 3M 201+ como la cinta ideal para uniones firmes en entornos donde las temperaturas de las superficies pueden alcanzar los 93 °C. Esta cinta de papel crepé café claro no se

tuercas y se adhieren a muchas superficies

3.1.5 Cuchilla

3.1.6 Colector de rocío

Los cuáles se colocan en las proximidades de las placas y a la misma altura, de modo que no gotee solución de las placas o cualquier otra fuente.

3.1.7 Calibrador

3.1.8 Cloruro de sodio

3.1.9 Agua

3.1.10 Microscopio

El microscopio, que identifica los defectos a través de (Olympus, 2022):

Campo oscuro: método de iluminación que ayuda a visualizar más fácilmente los arañazos diminutos.

Contraste de interferencia diferencial (DIC): que es una técnica en la que la iluminación se difracta a través de un prisma DIC. Esta técnica es muy efectiva para diferencias de alturas muy pequeñas en una muestra.

Amplio rango dinámico (HDR): técnica en la que se combinan diversas imágenes tomadas con distintas exposiciones para revelar detalles precisos de la superficie, independientemente de las diferencias de brillo en la superficie de la muestra.

## **3.2 Metodología**

Para la consecución de este proyecto, la información se la obtuvo mediante el método bibliográfico experimental.

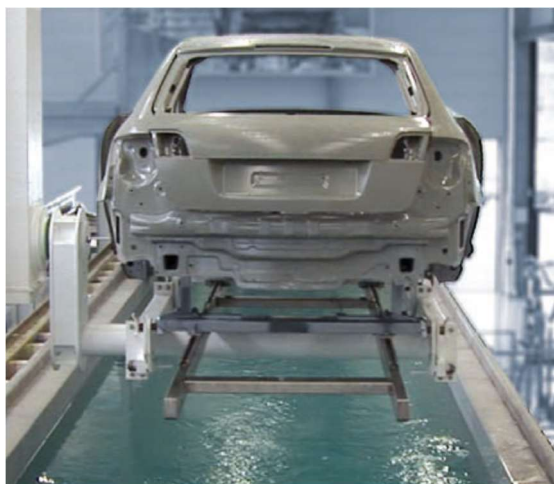
El estudio se realizó en la república del Ecuador, provincia de Pichincha, en la ciudad de Quito a 2800 msnm, planta ensambladora de vehículos local, a una presión atmosférica de 1028 hPa., y una temperatura de 13°C.

### *3.2.1 Procedimiento*

#### *- Preparación de especímenes de prueba*

Las láminas que se van a recubrir con la muestra deben ser de composición y tratamiento igual o similar al material sobre el cual se va a emplear posteriormente, en este caso se pasa por varias etapas:

- a) Proceso de pretratamiento y pintura por electrodeposición y luego por un horno a 165°C por 15 minutos mínimo.



**Figura 4. Preparación de las placas de prueba**

Fuente: Planta de electrodeposición Ensambladora Nacional.

- b) b) Proceso de aplicación de pintura electrostática fondo y luego por horneado a 135°C por 15 minutos mínimo



**Figura 5. Proceso de aplicación de pintura fondo.**

Fuente: Planta de electrodeposición Ensambladora Nacional.

- c) Proceso de aplicación pintura electrostática esmalte y barniz y luego horneado a 135°C por 15 minutos mínimo



**Figura 6. Proceso de aplicación de pintura esmalte y barniz.**

Fuente: Planta de electrodeposición Ensambladora Nacional.

- d) Posteriormente se miden los espesores de las placas mediante un medidor de espesores.



**Figura 7. Dualscopio PMP10 Duplex.**

Fuente: Grupo Testekndt 2022.

- e) Se evitará la manipulación excesiva de las placas luego de ser limpiadas.
- f) Una vez preparadas, serán identificadas con la siguiente información: fecha de aplicación, nombre del producto analizado, nombre del proveedor y espesor de película.
- g) Se debe realizar una X o línea central con el instrumento cortante (cuchilla) llegando este corte hasta la superficie metálica.
- h) El área superficial de la muestra debe ser lo suficientemente grande para poder obtener resultados representativos.
- *Fijación de la temperatura de prueba*

La temperatura dentro de la zona de exposición de la cámara se mantendrá a  $35 \pm 2$  °C y registrada semanalmente mientras dure la prueba.

- *Preparación de la solución salina*

Se preparará una solución salina al  $5 \pm 1\%$  en peso de cloruro de sodio, en agua destilada, o agua con un máximo de 200 ppm de sólidos totales, en cantidad suficiente para llenar completamente el tanque que alimenta el atomizador. Se debe tener en cuenta que este no puede quedar vacío, porque se daría una deficiente atomización. Además, la solución salina debe cumplir las siguientes especificaciones:

La densidad de la solución debe estar comprendida entre 1,025 y 1,040 g/cm<sup>3</sup>, esto debe verificarse a temperatura ambiente.

El pH de la solución salina debe ser tal que cuando se atomice a  $35 \pm 2$  °C, la solución recogida tenga un pH entre 6,5 y 7,2. El mismo se revisará semanalmente. La medición se hará electrónicamente, empleando un electrodo de vidrio con puente de cloruro de potasio saturado y agitación suave. Se debe tomar en cuenta que, por la pérdida de dióxido de carbono al incrementar la temperatura, el pH de la solución recogida en el colector será mayor que el de la solución del tanque de alimentación del atomizador.

La densidad de la solución colectada debe estar comprendida entre 1,025 y 1,040 g/cm<sup>3</sup>, medida a temperatura ambiente.

- *Atomización y calidad de la niebla*

Los colectores deben ser colocados en la zona de exposición, en las proximidades de las placas y a la misma altura, de modo que no gotee solución de las placas o cualquier otra fuente.

El flujo de la niebla o rocío será tal que por cada 80 cm<sup>2</sup> de área horizontal de colector (diámetro aproximado de 10 cm), se recoja de 1,0 a 2,0 ml de solución por hora por colector, basándose la razón de colección en una corrida mínima de al menos 16 horas.

Antes de colocar muestras en la cámara se debe: verificar que todos los parámetros de operación de la cámara sean los especificados y que la misma haya trabajado por lo menos 24 horas en forma estable y continua.

Se debe verificar y registrar semanalmente que el rango de colección de solución esté de acuerdo al requerimiento, para reducir la variabilidad de la prueba.

El aire de la cabina debe estar libre de polvo y aceite y debe suministrarse a las boquillas a una presión de 69 a 172 kPa/m<sup>2</sup> (10 a 25 psi), según la norma ASTM B 117.

- *Exposición de las muestras durante la prueba*

La forma de exposición de las muestras a la acción del agente atacante, ejerce gran influencia en los resultados del ensayo. Por lo tanto, deben colocarse de manera que el ataque sea igual, o lo más uniforme posible, sobre toda la superficie. Para cumplir estas condiciones hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- a) A no ser que se especifique lo contrario las muestras se colocan o se suspenden formando un ángulo de 15 a 30° con respecto a la vertical y preferiblemente paralelas a la dirección principal del flujo de rocío a través de la cámara, teniendo como referencia la superficie de mayor interés a analizar. La muestra no debe colocarse en zonas muy cercanas al atomizador, para no alterar el flujo de rocío.
- b) Las muestras no deben estar en contacto unas con otras, ni con materiales metálicos o con otros materiales que puedan actuar como absorbentes de la lluvia salina y deben colocarse de tal forma que cada una reciba el rocío.
- c) Las muestras se distancian de manera que el rocío llegue libremente a todas ellas y el condensado no escurra sobre otras muestras.

Con el objeto de controlar visualmente el comportamiento de la muestra, el tiempo de ensayo y los períodos de ensayos intermedios deben ser los indicados en las especificaciones del producto analizado. En casos especiales o cuando no exista la especificación, este tiempo será el acordado por las partes interesadas.

Generalmente los siguientes son los períodos de tiempo de exposición en la cámara salina 24, 48, 96, 200, 240, 500, 720 o 1000 horas.

- *Continuidad de la prueba*

Las interrupciones de la prueba se limitarán a un máximo de 3 en un período de 24 horas. La duración de cada interrupción será de máximo 10 minutos. Si se va a correr una prueba que requiere interrupciones más largas o mayores en número, dicha prueba no se correrá en forma simultánea con otra prueba en la misma cámara.

- Limpieza

Si no se indica otra cosa en las especificaciones del producto, las muestras en análisis deben limpiarse retirándolas cuidadosamente de la cámara y se lavan suavemente con una corriente de agua a una temperatura no mayor de 38°C con el objeto de eliminar de su superficie los depósitos de sal.

#### 4. Resultados y discusión

##### 4.1 Ampollas

Se evalúa la presencia de ampollas tanto en placas con incisiones, se determinará su frecuencia y su tamaño. Su clasificación se realizará de acuerdo a la siguiente escala de tamaño expresada en forma numérica:

Tabla 1:  
Clasificación de acuerdo a la escala de tamaño

N°	EQUIVALENCIA
10	Sin ampollamiento
8	Tamaño más pequeño de ampolla perceptible a simple vista
6,4,2	Ampolla crecientes en forma progresiva
0	Ampollamiento total de la placa

**Nota:** Tomado de la norma ASTM B117.

La frecuencia de ampollamiento se clasifica como se indica a continuación.

Tabla 2:  
Clasificación de la frecuencia de ampollamiento.

SIMBOLO	FRECUENCIA
D	Denso
MD	Muy denso
M	Medio
P	Poco
A	Ausencia

**Nota:** Tomado de la norma ASTM B117.

El criterio para aceptación, a menos que se indique de otra manera en especificaciones de pinturas o recubrimientos, será de un mínimo de 6, correspondiente a un tamaño máximo de ampolla de 3 mm aproximadamente, con una frecuencia equivalente a P (poco).



## 4.2 Corrosión

La evaluación del grado de oxidación a través de la incisión se puede realizar de dos formas:

- a) Consiste en soplar con aire la muestra en la línea de corte, a una presión de 40 psi aproximadamente.
- b) Pasar cinta adhesiva sobre la incisión, retirarla para atrapar la película que esté suelta.

La selección del método a ó b depende de la exigencia de la especificación del producto en análisis. En ambos casos se reporta el desprendimiento (medida en milímetros entre borde y borde de la oxidación), como un promedio de varias mediciones representativas a lo largo de la línea. Con este resultado, se evalúa o clasifica la corrosión de la placa de acuerdo a los valores expresados en la siguiente tabla:

Tabla 3:  
Clasificación de corrosión en placa

Media representativa del desprendimiento (mm)	Número de clasificación
0	10
0 - 0,5	9
0,5 - 1,0	8
1,0 - 2,0	7
2,0 - 3,0	6
3,0 - 5,0	5
5,0 - 7,0	4
7,0 - 10,0	3
10,0 - 13,0	2
13,0 - 16,0	1
>16,0	0

**Nota:** Tomado de la norma ASTM B117.

El criterio para aceptación, a menos que se indique de otra manera en especificaciones de pinturas o recubrimientos, será de un máximo desprendimiento de 6 mm correspondientes a 4 en la escala anteriormente indicada.

### 4.3 Registro de control en Cámara Salina (500 horas)

Tabla 4:  
Parámetros de control en cámara salina

#### CONDICIONES DE ENSAYO

TEMPERATURA INTERIOR CÁMARA:	33 - 37 °C
VOLUMEN SOLUCIÓN RECOLECTADO:	1,0 - 2,0 ml/h
pH SOLUCIÓN SALINA:	6,5 - 7,2
DENSIDAD SOLUCIÓN SALINA:	1,025 - 1,040 g/cm <sup>3</sup>

<b>MATERIAL A PRUEBA</b> Placas metálicas CRS 10 x 30 cm
<b>CARACTERÍSTICAS:</b> Placa color azul y beige Proveedor AXALTA Espesor 110 y 115 µm

FECHA DE CARGA	TEMPERATURA ( °C)	VOLUMEN SOLUCIÓN RECOLECTADO (ml/h)	pH SOL. SALINA	DENSIDAD SOL. SALINA (g/cm <sup>3</sup> )	RESPONSABLE
03/10/2022	35	---	6,50	1,029	CA
04/10/2022	35	1,88	6,72	1,030	CA
05/10/2022	35	1,90	6,65	1,028	CA
06/10/2022	35	1,80	6,65	1,030	CA
07/10/2022	35	1,88	6,51	1,029	CA
10/10/2022	35	1,90	6,65	1,028	CA
11/10/2022	35	1,88	6,72	1,029	CA
12/10/2022	35	1,91	6,81	1,030	CA
13/10/2022	35	1,83	6,79	1,027	CA
14/10/2022	35	1,92	6,51	1,028	CA
17/10/2022	35	1,89	6,53	1,028	CA
18/10/2022	35	1,96	6,45	1,029	CA
19/10/2022	35	1,82	6,82	1,029	CA
20/10/2022	35	1,91	6,51	1,030	CA
21/10/2022	35	1,76	6,62	1,026	CA
24/10/2022	35	1,80	6,71	1,034	CA
25/10/2022	35	1,45	6,68	1,028	CA
26/10/2022	35	1,86	6,59	1,029	CA
27/10/2022	35	1,64	6,73	1,030	CA
28/10/2022	35	1,73	6,83	1,027	CA

Nota: Cevallos, Adaptado de la toma total de datos de las mediciones del mes de octubre de 2022.

La Tabla 4 indica los valores de parámetros de control tomados en las 4 semanas del mes de octubre.

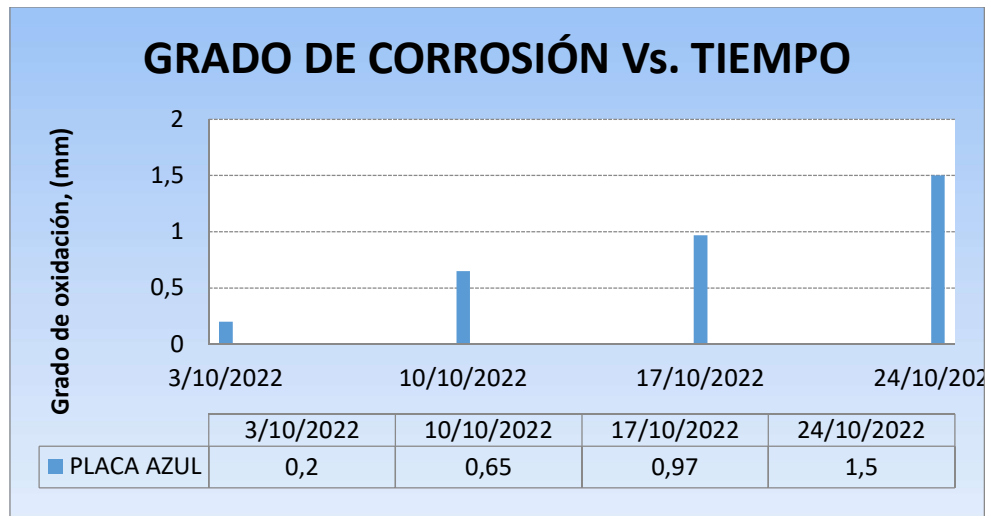
### 4.4 Velocidad de corrosión en placas ACT CRS

Tabla 5:  
Grado de corrosión en placas de prueba

SEMANA	GRADO DE CORROSIÓN, (mm)	
	PLACA AZUL	PLACA BEIGE
03/10/2022	0,2	0,2
10/10/2022	0,65	0,53
17/10/2022	0,97	0,81
24/10/2022	1,5	1,31

Nota: Cevallos, Adaptado de la toma total de datos de las mediciones del mes de octubre de 2022.

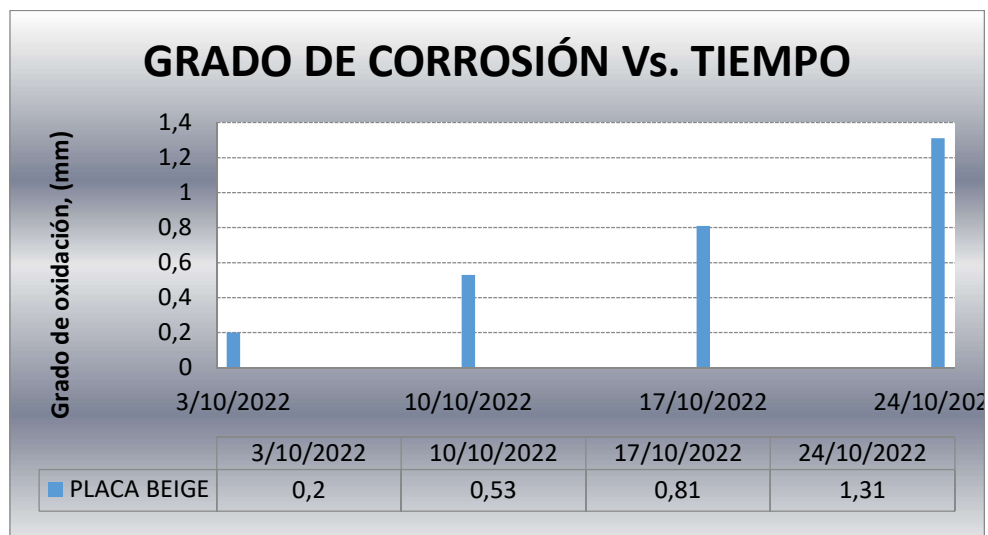
En la Tabla 5 indica los resultados de corrosión de las dos placas bajo las mismas condiciones dentro de cámara salina y como avanza el grado de corrosión durante el tiempo de prueba.



**Figura 8. Grado de corrosión vs. Tiempo en placa color Azul.**

Fuente: Planta de electrodeposición Ensambladora Nacional.

En la Figura 8. se puede observar el grado de corrosión de la placa azul (1,5 mm al finalizar la prueba), está por debajo del límite máximo de desprendimiento permitido según la Tabla 3.



**Figura 9. Grado de corrosión vs. Tiempo en placa color Beige.**

Fuente: Planta de electrodeposición Ensambladora Nacional.

En la Figura 9. se puede observar el grado de corrosión de la placa beige (1,31 mm al finalizar la prueba), está por debajo del límite máximo de desprendimiento permitido según la Tabla 3.

#### 4.5 Grado de ampollamiento en placas ACT CRS

Tabla 6:  
Grado de ampollamiento en placas de prueba

SEMANA	GRADO DE AMPOLLAMIENTO, (mm)	
	PLACA AZUL	PLACA BEIGE
03/10/2022	0	0
10/10/2022	0	0
17/10/2022	0	0
24/10/2022	0	0

Nota: Cevallos, Adaptado de la toma total de datos de las mediciones del mes de octubre de 2022.

En los resultados de la Tabla 6 se puede observar que las placas azul y beige no tienen indicios de ampollamiento durante el tiempo de prueba lo que significa que la pintura es recomendada y aprobada para recubrimiento metálico.

#### 4.6 Resultado de pruebas de recubrimiento

Tabla 7:  
Resultado de las pruebas de recubrimiento

PLACA COLOR	AMPOLLAMIENTO		CORROSIÓN	
	Valor, (mm)	Equivalencia	Valor, (mm)	Equivalencia
AZUL	0	10 A	1,50	7
BEIGE	0	10 A	1,31	7

Nota: Cevallos, Adaptado de la toma total de datos de las mediciones del mes de octubre de 2022.

### 5. Conclusiones

Como se puede observar en la figura 1a y 1b, la velocidad de corrosión para la placa color azul y beige va disminuyendo conforme avanza en el tiempo, pero esto no quiere decir que el proceso de corrosión se detenga, sino que avanza lentamente

Luego de las 500 horas de exposición, no existe ningún grado de ampollamiento en las placas, se puede observar filamentos alrededor de la línea de corte, pero estos no logran reventarse tal como se indica en el anexo 5.3

De los resultados obtenidos en la tabla #4 se puede decir que las placas de color azul y beige pasan las pruebas de exposición luego de 500 horas en cámara salina cumpliendo las normas ASTM D1654 y ASTM D714 donde la mayor expansión promedio de la corrosión a lo largo de la línea de corte para paneles de acero es de 6 mm que equivalen al máximo de corrosión aceptable.

Finalmente, con los datos obtenidos se puede decir que la pintura bicapa a base de resina poliéster se garantiza de por lo menos 10 años de protección anticorrosiva.

## 6. Referencias

- A. (s.f.).  
ALSIMET. (05 de 10 de 2020). *ALSIMET.ES*. Obtenido de <http://alsimet.es/es/noticias/causas-corrosion-metal#:~:text=Principales%20causas%20de%20corrosi%C3%B3n%20en,la%20causa%20de%20la%20oxidaci%C3%B3n>
- ASM. (2003). ASM Metals Handbook Vol 13A . En *Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection* .
- Bernal Dominguez, F., Castejón Vilella, E., Cavallé Oller, N., & Hernandez Celleja, A. (2006). *Higiene Industrial* (Cuarta ed.). Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Bernal Dominguez, F., Catejón Vilella, E., Cavallé Oller, N., & Hernandez Calleja, A. (2006). *Higiene Industrial* (Cuarta ed.). Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Bernal, F. (2006). *Higiene Industrial*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Bursten, B. L. (2004). *Química la ciencia central, 9na edición*. México: Pearson.
- Chacón, J. (27 de 02 de 2021). *Curso "Corrosión Teórico-Práctico enfocado a la norma ASTM B117-19"*. Obtenido de <https://cimav.edu.mx/educacion-continua/curso-de-corrosion-teorico-practico-enfocado-a-la-norma-astm-b117-18/#:~:text=La%20prueba%20de%20c%C3%A1mara%20salina,un%20medio%20ambiente%20corrosivo%20controlado>
- Diario la Hora. (14 de Junio de 2016). *"La Hora" Corredor Central Norte con paradas en mal estado*. Obtenido de <https://lahora.com.ec/noticia/1101953843/corredor-central-norte-con-paradas-en-mal-estado>
- European, A. E. (2015). Good practice guide on noise exposure and potential. Madrid: Ecologistas en Acción.
- HBK, B. &. (abril de 2021). *What is a Sound Level Meter. (s.f)*. Obtenido de <https://www.bksv.com/en/knowledge/blog/sound/what-is-a-sound-level-meter>
- ILCE. (2022). *¿SE PUEDE LUCHAR CONTRA LA CORROSIÓN? EL CONTROL DE LA CORROSIÓN?* Obtenido de [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/09/htm/sec\\_10.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/09/htm/sec_10.html)
- INEN. (2012). *NTE INEN 2656:2012*. Quito.  
*Ingeniería Química.net*. (2022). Obtenido de <https://www.ingenieriaquimica.net/articulos/184-camaras-de-corrosion>
- Instituto Botanical España. (s.f.). *Salud y Niveles de ruido*.
- Intituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (21 de Diciembre de 2021). *DECRETO EJECUTIVO 2393 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO*. Obtenido de <https://www.prosigma.com.ec/pdf/nlegal/Decreto-Ejecutivo2393.pdf>
- Leventhall, G. (2003). *A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects, Food and* . Defra: London.
- PROSIGMA. (19 de 12 de 2021). Obtenido de Decreto Ejecutivo 2393. Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo <https://www.prosigma.com.ec/pdf/nlegal/Decreto-Ejecutivo2393.pdf>(sigma.com.ec)
- Structuralia. (28 de 10 de 2021). *Structuralia*. Obtenido de <https://blog.structuralia.com › laminado-en-frio>
- SUMATEC. (2022). Obtenido de (3) <https://sumatec.co/pruebas-de-corrosion-en-una->

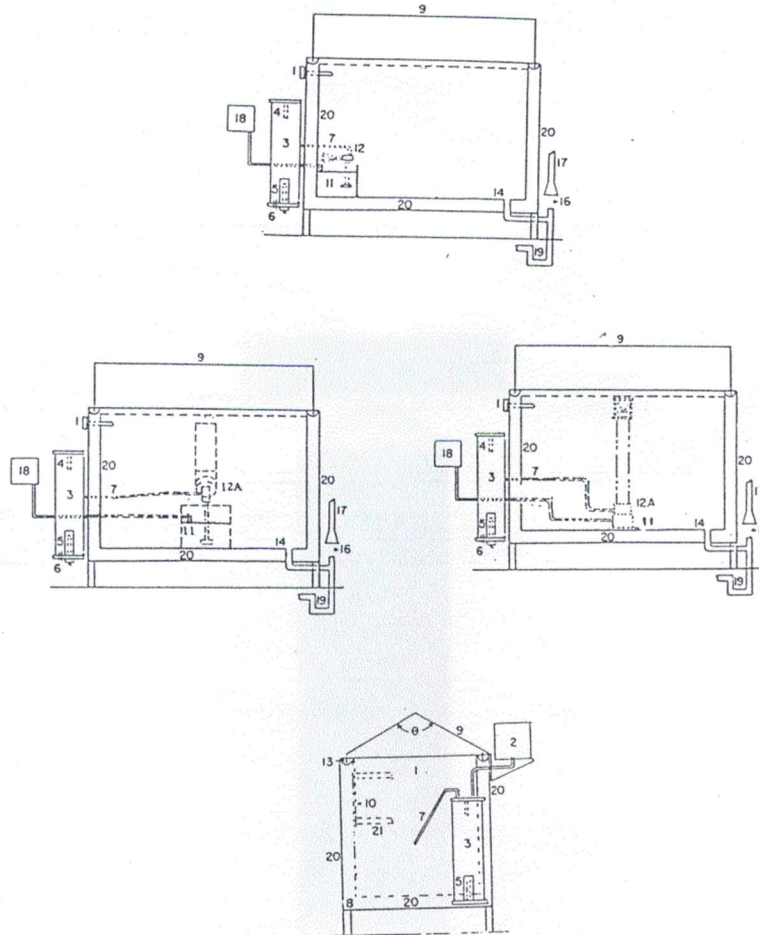


# ANEXOS

## REGISTRO CONTROL CAMARA SALINA.xlsx

### Partes de la cámara salina según Norma B117

BSI B 117



NOTE 1— $\theta$ —Angle of lid, 90 to 125°

- 1—Thermometer and thermostat for controlling heater (Item No. 8) in base
  - 2—Automatic water leveling device
  - 3—Humidifying tower
  - 4—Automatic temperature regulator for controlling heater (Item No. 5)
  - 5—Immersion heater, nonrusting
  - 6—Air inlet, multiple openings
  - 7—Air tube to spray nozzle
  - 8—Heater in base
  - 9—Hinged top, hydraulically operated, or counterbalanced
  - 10—Brackets for rods supporting specimens, or test table
  - 11—Internal reservoir
  - 12—Spray nozzle above reservoir, suitably designed, located, and baffled
  - 12A—Spray nozzle housed in dispersion tower located preferably in center of cabinet (typical examples)
  - 13—Water seal
  - 14—Combination drain and exhaust. Exhaust at opposite side of test space from spray nozzle (Item 12), but preferably in combination with drain, waste trap, and forced draft waste pipe (Items 16, 17, and 19).
  - 16—Complete separation between forced draft waste pipe (Item 17) and combination drain and exhaust (Items 14 and 19) to avoid undesirable suction or back pressure.
  - 17—Forced draft waste pipe
  - 18—Automatic leveling device for reservoir
  - 19—Waste trap
  - 20—Air space or water jacket
  - 21—Test table or rack, well below roof area
- NOTE 2—This figure shows the various components including alternate arrangements of the spray nozzles and solution reservoir.

FIG. X1.1 Typical Salt Spray Cabinet

## Placas en proceso de corrosión



a) Segunda semana

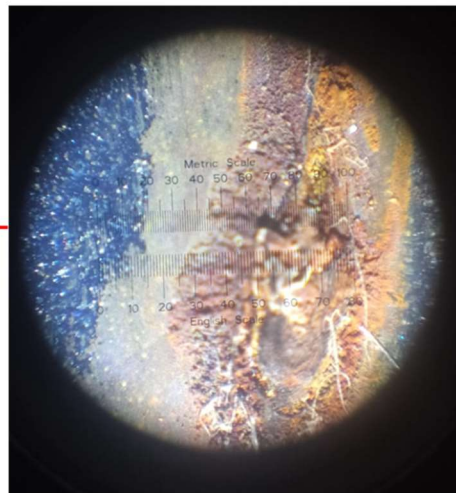
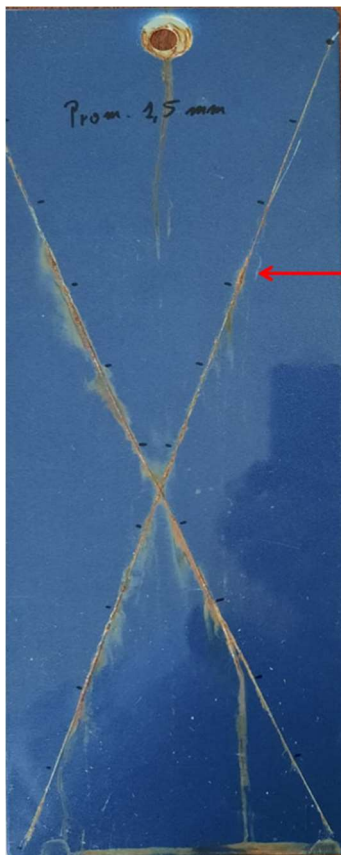


b) Tercera semana



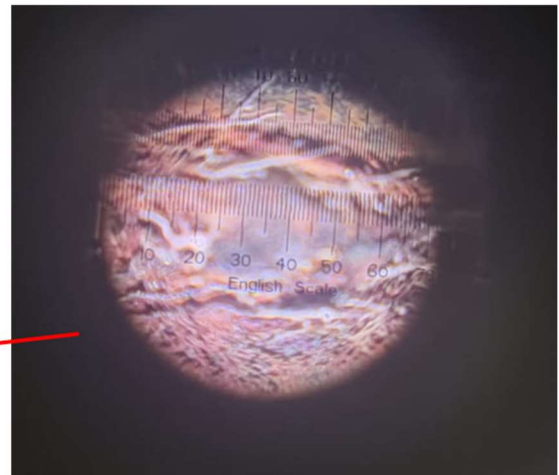
c) Cuarta semana

## Evaluación de placas



a) Evaluación de placa color azul vista en el microscopio





b) Evaluación de placa color beige vista en el microscopio



