

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ
CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA

INFORME SOBRE
USO DE LOS SITIOS DE EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA
UBICADOS EN EL ANTIGUO FUERTE SHERMAN, PROVINCIA DE
COLÓN



CONTENIDO

ANTECEDENTES.....	3
1. Proyecto: “WIRE ON BOLT” (ALAMBRE SOBRE TORNILLO)	4
1.1 ESTACIÓN ROMPEOLAS	5
1.2 ESTACIÓN COSTERA.....	7
1.3 ESTACIÓN TIERRA ADENTRO	7
1.4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO	
2. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS GALVANIZADOS Y PREPINTADOS EXPUESTOS EN EL ANTIGUO FUERTE SHERMAN EN COLON	11
2.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO	
3. EFICIENCIA DE LAS PINTURAS ANTICORROSIVOS DE USO FRECUENTE EN PANAMÁ	15
3.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO	
4. CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DE ACEROS PATINABLES EN EL AMBIENTE NATURAL DEL CLIMA TROPICAL HÚMEDO DE PANAMÁ- PROYECTO SENACYT FID06-227	20
5. CONCLUSIONES SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA UTP EN LAS ESTACIONES DE SHERMAN	27

ANTECEDENTES

En el año 2002 se le permite oficialmente a la Universidad Tecnológica de Panamá tener acceso a los sitios de exposición atmosférica identificados como: Rompeolas, Tierra Adentro y Costera, ubicados en el antiguo Fuerte Sherman en la Provincia de Colón (Fig. 1), los cuales estuvieron, durante muchos años, bajo el control del Centro de Estudios Tropicales de la Armada de los Estados Unidos de Norteamérica.



Fig. 1 Ubicación de los sitios de exposición atmosférica del Fuerte Sherman

Inmediatamente, se inician actividades con la finalidad de ir levantando nuestro propio banco de datos, que nos permitiera clasificar la corrosividad de estas estaciones de ensayo, cuyo valor científico es invaluable desde el punto de la corrosión y degradación de materiales en el trópico.

A continuación se mencionan los proyectos efectuados desde esa fecha, en estas estaciones:

1. PROYECTO REALIZADO: “WIRE ON BOLT” (ALAMBRE SOBRE TORNILLO)

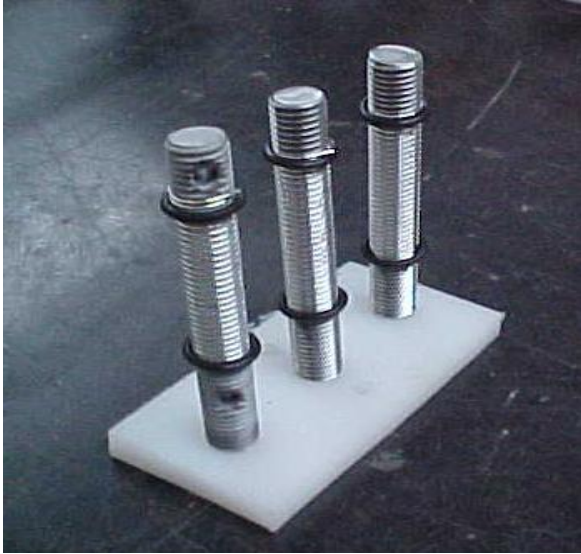


Fig. 2 Ensamblaje :”alambre sobre tornillo”



Fig. 3 Probetas de alambre sobre tornillo

Este proyecto estuvo bajo la responsabilidad de la Ing. Lilibeth de Araque y se inició en el mes de julio de 2002 con la finalidad de caracterizar los sitios de exposición atmosférica ubicados en el Antiguo Fuerte Sherman en la Provincia de Colón utilizando la técnica del alambre sobre el Tornillo.

Los ensamblajes “alambre sobre tornillo” que se observan en la Fig. 2 y en la Fig. 3, se construyeron enrollando un Alambre de aluminio comercialmente puro (UNS A91100) de 0.875 ± 0.002 mm de diámetro (ánodo), alrededor de un Tornillo de acero SAE 1010 M12 X 1.75 de cuatro pulgadas de largo (cátodo) siguiendo el procedimiento descrito en la Norma ASTM G 116. Para fijar o sostener el alambre de aluminio al tornillo se utilizaron arandelas plásticas y bases de PVC para colocar los ensamblajes una vez preparados. Seguidamente se colocaron en los tres sitios de exposición atmosférica: Rompeolas, Costera y Tierra Adentro. Finalizado un tiempo de exposición de 90 días se retiraron los ensamblajes e inmediatamente colocamos un reemplazo. Se procedió a la remoción de los productos de corrosión del alambre de aluminio y a la determinación del porcentaje de pérdida de masa normalizada a los 90 días.

Estos resultados permitieron determinar la corrosividad de las atmósferas de Sherman, basándonos en la tabla de índices de corrosividad marina (MCI-Marine Corrosion Index) desarrollada por los investigadores Doyle ande T. Wright.

1.1 ESTACIÓN ROMPEOLAS

La estación se encuentra localizada con una latitud y longitud de $9^{\circ} 22' 21''$ Norte , $79^{\circ} 6' 48''$ Oeste, respectivamente (Fig. 4 y Fig. 5). Este sitio se estableció en el año de 1960, pero se usó por primera vez en 1963. La acción de los vientos mantiene las olas chocando contra las rocas que sirven de rompeolas lo cual produce abundante sal en forma de rocío y una atmósfera con un alto contenido humedad. La humedad relativa sobrepasa el 80%, la mayor parte del año.



Fig. 4 Estación Rompeolas-
Vista aérea



Fig. 5 Estación Rompeolas

Durante el período de exposición de las probetas:”alambre sobre tornillo” en la Estación Rompeolas se colocaron captadores de cloruros, Fig.6 y de dióxido de azufre, Fig.7.



Fig. 6 Captador de Cloruros, Estación Rompeolas



Fig. 7 Captador de Dióxido de Azufre, Estación Rompeolas

También se instaló la estación meteorológica que se muestra en la Fig.8 para monitorear y registrar parámetros climáticos tales como: temperatura, humedad relativa, radiación solar y precipitación pluvial.



Fig. 8 Estación Meteorológica

1.2 ESTACIÓN COSTERA

La Estación Costera (Fig. 9) fue establecida en el año 1977, para reemplazar el sitio marino en la Isla Galeta, Latitud y longitud: 9o 22' 15" Norte, 79o 57' 1" Oeste. Se caracteriza por estar cerca de la orilla del mar, pero protegido por la acción de las olas por un arrecife coral. Se considera que los parámetros climáticos: humedad, temperatura, lluvia, velocidad y dirección de los vientos son similares a los de la Estación Rompeolas debido a su proximidad. En esta estación fue monitoreado el nivel de cloruros. Podemos observar en la Fig. 10, a colaboradores del Centro Experimental mientras reemplazaban las probetas de alambre sobre tornillo.



Fig. 9 Estación Costera



Fig. 10 Reemplazo de probetas

1.3 ESTACIÓN TIERRA ADENTRO

Fue establecida en el año 1960 y puesta en uso tres años después, al igual que la estación Rompeolas. Se encuentra localizada aproximadamente 1,3 km tierra adentro desde el Rompeolas, en una latitud y longitud: 9° 21' 42" Norte, 79° 57' 17" Oeste, respectivamente.

En esta estación también se usó la técnica de alambre sobre tornillo; una de las ventajas de esta técnica, en relación con los métodos tradicionales es que los períodos de exposición para obtener un dato de pérdida de peso son de tres meses y no de un (1) año; además permite evaluar la variabilidad estacional ya que las probetas se retiran cada tres (3) meses e inmediatamente se coloca su reemplazo.

En la Fig. 11 se observan las probetas de “alambre sobre tornillo”, después de un mes de exposición. Mientras que en las figuras 12, 13 y 14 se observan probetas en el primer y segundo trimestre de exposición.

En esta estación también fue monitoreado el nivel de cloruro.



Fig. 11 Probetas “alambre sobre tornillo” de la Estación Rompeolas al mes de exposición.

1.4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

La figura 11, que corresponde a los ensamblajes retirados de la estación Rompeolas a los 30 días de exposición. Obsérvese el estado del alambre de aluminio y la gran cantidad de sales depositadas sobre él, mucho más que en el resto de los ensamblajes colocados en las estaciones Costeras y Tierra Adentro. Por eso, a pesar de que no se cumplió el período de exposición, que es de 90 días según la norma, el nivel de deterioro no fue permitió desenrollar el alambre en forma completa, por lo que no se pudo determinar el porcentaje de pérdida de peso y por tanto no se estableció un índice de corrosividad para este sitio de exposición atmosférica.

En cambio, para las estaciones Costera y Tierra Adentro se logró establecer las clasificaciones de las atmósferas en base a sus índices de corrosividad, como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1 – Clasificación de la Corrosividad en base a los porcentajes de pérdida de peso, normalizada a 90 días

Serie	Porcentaje (%) de Pérdida de peso		Clasificación de la Corrosividad	
	Costera	Tierra Adentro	Costera	Tierra Adentro
1 Jul-Oct	5.51	2.12	MS *	M**
2 Oct-En	6.68	2.72	MS	M
3 En-Abril	7.4	1.91	MS	M
4 Abril-Julio	6.33	2.30	MS	M



Fig. 12 Probetas "alambre sobre tornillo" segundo trimestre de exposición, Estación Costera



Fig. 13 Probetas "alambre sobre tornillo" primer trimestre de exposición, estación Tierra Adentro



Fig. 14 Probetas de alambre sobre tornillo, segundo trimestre de exposición, estación Tierra Adentro

Adicionalmente, el monitoreo realizado a través de los captadores de cloruros y dióxido de azufre nos permitieron obtener los resultados de la Tabla 2:

Tabla 2. -CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS, en mg/m²día, ESTACIÓN ROMPEOLAS

MES	SO ₂	Cl ⁻	MES	SO ₂	Cl ⁻
Enero	-	-	Julio	-	197.18
Febrero	118.84	6 893.44	Agosto	36.48	1385.75
Marzo	71.68	8 349.31	Sep.	10.84	236.32
Abril	132.43	1 211.18	Oct.	11.50	513.32
Mayo	-	-	Nov.	113.08	266.27
Junio	-	1 799.59	Dic.	48	2097

Es importante señalar que los resultados de este proyecto se presentaron en el Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología SENACYT-APANAC-CYTED en octubre de 2003.

2. PROYECTO REALIZADO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS GALVANIZADOS Y PREPINTADOS EXPUESTOS EN EL ANTIGUO FUERTE SHERMAN EN COLON.

En Panamá el uso de láminas galvanizadas (recubiertas con zinc) o bien galvanizadas y esmaltadas (prepintadas) es una práctica bastante común en el área de la construcción ya sea ésta vivienda, edificio, galera o depósitos en general; de allí nuestro interés en evaluar su comportamiento en diferentes atmósferas lo que nos permitiría generar recomendaciones en cuanto a su uso.

Para el desarrollo de este proyecto, que estuvo bajo la responsabilidad de la Ing. Lilibeth de Araque, se logró el apoyo de la empresa CORREAGUAS, quien comercializa este tipo de producto en gran escala en Panamá. la cual suministró todo el material bajo ensayo consistente en láminas galvanizadas y prepintadas.

En las figuras 15, 16 y 17 podemos observar la colocación de probetas en la Estación Rompeolas, la Estación Costera y la Estación Tierra Adentro, respectivamente.



Fig .15 Colocación de probetas en el Rompeolas



Fig .16 Colocación de probetas en la estación Costera



Figura 17. Probetas colocadas en la estación Tierra Adentro.

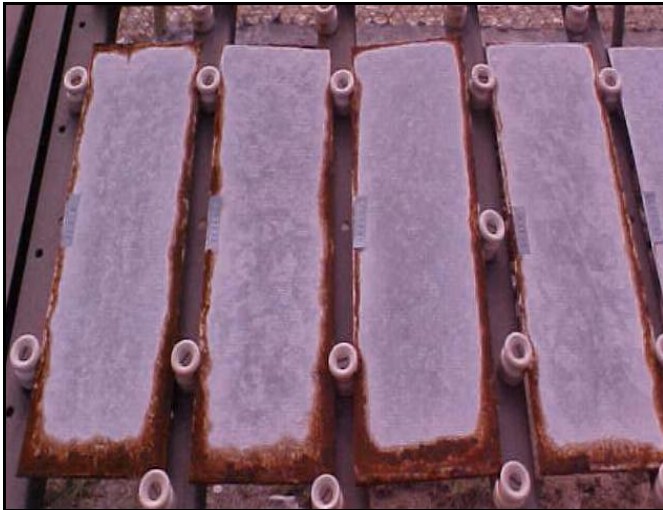


Fig 18. Probetas galvanizadas, seis (6) meses de exposición, estación Rompeolas



Fig 19. Probetas galvanizadas, un (1) año de Exposición, estación Rompeolas

Tal como puede observarse en la figura 18 a los seis (6) meses de exposición la cara de todas las probetas galvanizadas calibre 26 y calibre 16, colocadas en el Rompeolas, estaban totalmente recubiertas de óxidos blancos y avanzada oxidación a partir de los bordes. Al año de exposición estas probetas estaban totalmente recubiertas de herrumbre, tal como se muestra en la Fig. 19 y fueron retiradas de la estación de ensayo, a diferencia de las colocadas en las estaciones Costera y Tierra Adentro sobre las cuales solamente se observó la presencia de óxidos típicos del zinc, lo que significa que el recubrimiento de zinc estaba ejerciendo su acción protectora.

Por otra parte, las figuras 20, 21 y 22 muestran el comportamiento que se observó a los 12 meses de exposición en las probetas prepintadas azul-blanco, verde-blanco y rojo blanco, respectivamente.

2.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Entre las conclusiones importantes de este proyecto, podemos establecer las siguientes:



Figura 20. Probetas prepintadas (azul-blanco), 12 meses de exposición, estación Rompeolas



Figura 21. Probetas prepintadas (verde –blanco), 12 meses de exposición, estación Rompeolas

1. Las cubiertas de zinc de aproximadamente 0.60 oz/pie^2 no tienen un buen desempeño en sitios con las características del Rompeolas, en cambio si parecen brindar una buena protección tanto por barrera como catódica en medios con de acuerdo con los resultados obtenidos los recubrimientos de base zinc características similares (contaminación y climáticas) a las Estaciones Costera y Descubierta Tierra Adentro.

2. Todas las láminas prepintadas colocadas en el Rompeolas presentaron deterioro en la cara. El mayor deterioro se dio en las rojo-blanco y verde-blanco

3. En las probetas rojo-blanco, figura 22, ubicadas en el Rompeolas se observó una especie de desgaste físico del recubrimiento conocido como erosión, posiblemente debido a las corrientes de viento que arrastran las partículas de sal.

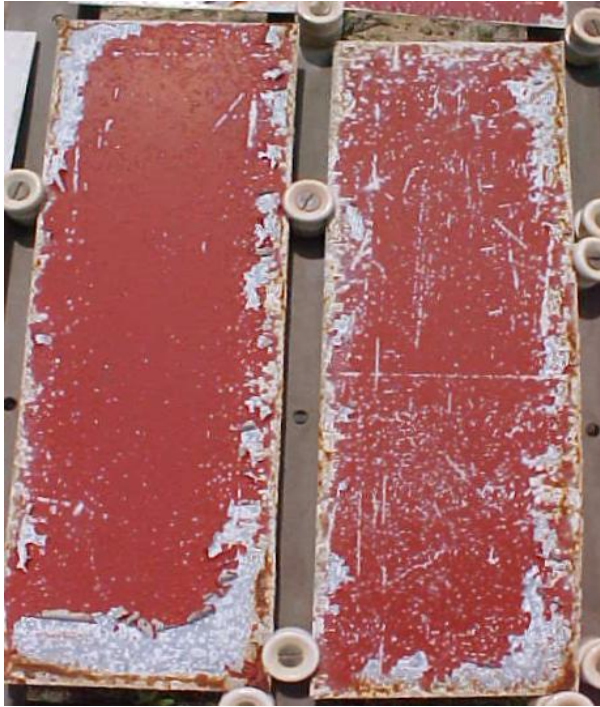


Fig. 22 Probetas prepintadas (rojo – blanco), 12 meses de exposición.

Es importante destacar que los resultados experimentales de este proyecto fueron presentados en el Primer Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología en octubre de 2005, efectuado en la Universidad Tecnológica de Panamá.

3. PROYECTO REALIZADO: EFICIENCIA DE LAS PINTURAS ANTICORROSIVAS DE USO FRECUENTE EN PANAMÁ

Los materiales metálicos, aceros al carbono, por sus propiedades físico-mecánicas constituyen la base para la ejecución de diferentes proyectos de ingeniería civil. Sin embargo, debido a las condiciones climáticas imperantes en un país del trópico húmedo como es el nuestro, es muy preocupante los problemas de corrosión que experimentan debido a la acción de la atmósfera y los subsecuentes efectos negativos que se reflejan precisamente en las pérdida de sus propiedades y por ende en la disminución de la vida útil de las estructuras que operan al aire libre.

Con la finalidad de minimizar los problemas de corrosión existen diferentes métodos de protección anticorrosiva, entre los cuales cabe destacar el uso de recubrimientos orgánicos, es decir de sistemas de pintura, por su amplio uso en nuestro medio.

Para poder desarrollar este proyecto, que también estuvo bajo la conducción de la Ing. Lilibeth de Araque, se logró el apoyo de tres empresas distribuidoras de pinturas anticorrosivas para protección de estructuras metálicas: Gliddden (Empresa 1), Sur (Empresa 2) y Comex (Empresa 3) para evaluar la eficiencia de los diferentes sistemas de pintura.

Las pinturas fueron aplicadas sobre paneles de acero estructural AISI-SAE 1020 y colocadas en dos sitios de exposición atmosférica previamente clasificados: uno de los sitios era urbano (estación de Panamá) y el otro, marino (Rompeolas, Sherman).

Esta investigación se canalizó a través de un trabajo de Tesis de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil: Jorge Chu y Carmelo Ocalagan, (Fig 24), quienes prepararon todas las probetas para exposición, tal como se observa en la Fig. 23.



-Fig 23. Bastidores con las probetas bajo ensayo

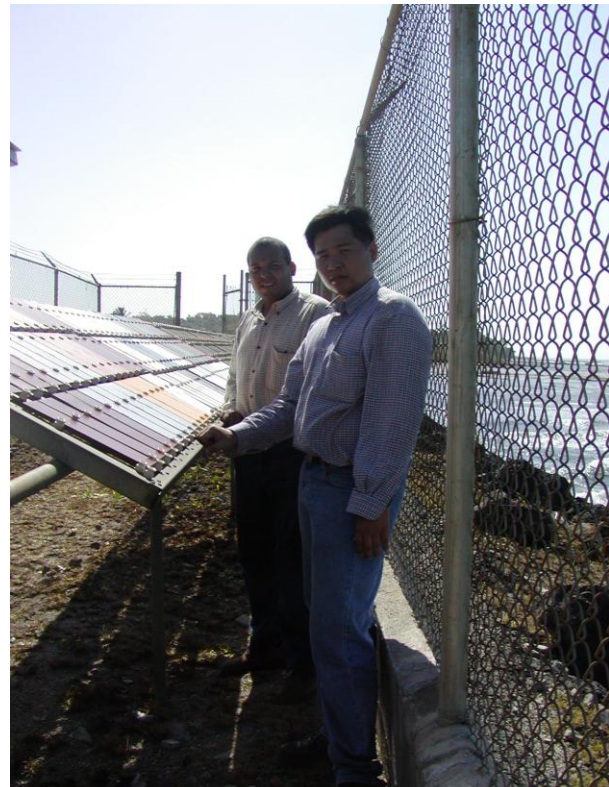


Fig 24. Estudiantes de tesis, 2004.

Los objetivos fundamentales del proyecto fueron los siguientes:

1. Evaluar el comportamiento de los tres sistemas de recubrimientos orgánicos, pinturas expuestas durante seis meses a la acción de dos tipos de atmósferas.
2. Comparar la durabilidad de las pinturas que fueron aplicadas sobre superficies sin preparar contra aquellas que se aplicaron sobre superficies debidamente preparadas.
3. Generar recomendaciones en cuanto a que factores deben considerarse al momento de seleccionar uno u otro sistema de pintura.

La Tabla 3 presenta los sistemas de pintura que fueron ensayados en esta investigación:

TABLA 3. SISTEMAS DE PINTURA BAJO ENSAYO

SISTEMAS DE PINTURA		EMPRESAS LOCALES PARTICIPANTES		
		No.1	No.2	No.3
SISTEMA ECONÓMICO	PRIMARIO	Anticorrosivo Industrial Rojo	Anticorrosivo No.3 Una (1) capa	RustMaster Primer 585
	ACABADO	Anticorrosivo Industrial Rojo	-----	Esmalte Marino KM0760
SISTEMA INTERMEDIO	PRIMARIO	Transogard Red Oxide	Anticorrosivo No.3 Dos (2) capas	Double Build Epoxy Primer Y5461/Y5242
	ACABADO	Esmalte Fast Dry	Esmalte Velmar	Esmalte Marino KM0760
ALTA PROTECCIÓN	PRIMARIO	Transoxy Primer Red	Amercoat RA-21	Chromate Glid Guard Y 5251/Y5252
	ACABADO	Epóxico Poliure Tek	Amercoat RA-21	Esmalte Marino KM0760

Las empresas participantes suministraron una muestra líquida de cada una de las pinturas para efectuar los siguientes ensayos físicos de acuerdo con las Normas

ASTM: Densidad, ASTM D 1475, Viscosidad, ASTM D 562, Contenido de porcentaje de Sólidos/ Volátiles, ASTM D 2369 y Fineza de dispersión del pigmento, ASTM D 1210 Los resultados obtenidos se compararon con las correspondientes especificaciones técnicas de las pinturas.

La Fig. 25 muestra el estado de unas de estas probetas antes de ser expuestas, mientras que las Fig. 26 y 27 muestran su comportamiento después de seis meses de exposición en la Estación Urbana y la Estación Rompeolas, respectivamente.



Fig 25 Probetas antes de su exposición.



Fig 26. Probetas después de 6 meses de exposición ,Estación Urbana

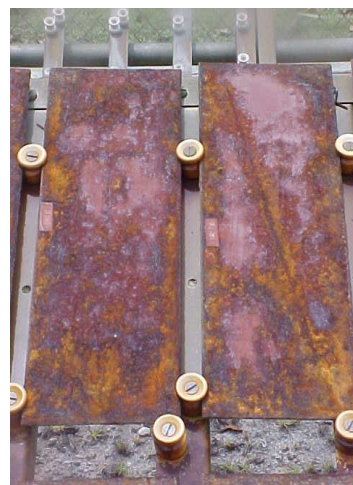


Fig 27. Probetas después de 6 meses de exposición ,Estación Rompeolas

Las evaluaciones físicas cuantitativas que se efectuaron fueron: cambios de color y brillo, ampollamiento (densidad y tamaño de las ampollas), grado de corrosión (herrumbre) en función del % de área afectada, agrietamiento (tamaño, cantidad, penetración y tipo), deslaminación (descascaramiento) y grado de entizado.

Las evaluaciones se anotaron mensualmente en las plantillas elaboradas para tal efecto.

3.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Algunos de los resultados obtenidos fueron los siguientes:

1. La preparación de superficie y el espesor total del recubrimiento juegan un papel determinante en el desempeño de un sistema de pintura.
2. En sitios con las características del Rompeolas es imperante la preparación de superficie y la aplicación de un sistema completo de alta protección.
3. La selección de uno u otro sistema de pintura debe hacerse en función de la agresividad del medio donde opera la estructura
4. Las probetas de la empresa #3, sistema alta protección, superficie preparada, sí presentaron un mejor comportamiento en relación con aquellas cuya superficie no se preparó. En la cara de estas probetas con superficie preparada prácticamente no hay evidencia de herrumbre.
5. Para futuros trabajos en el área recomendamos controlar mejor los espesores por capa, recubrir los bordes y un análisis químico para caracterizar los componentes de cada pintura.

Este trabajo de Tesis fue sustentado en el mes de diciembre de 2004 y los resultados obtenidos fueron presentados en el Primer Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología en Octubre de 2005.

4. PROYECTO EN EJECUCIÓN: CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DE ACEROS PATINABLES EN EL AMBIENTE NATURAL DEL CLIMA TROPICAL HÚMEDO DE PANAMÁ-PROYECTO SENACYT FID06-227

Este proyecto nació como una iniciativa de investigadores de la Universidad de Panamá y de la Universidad Tecnológica de Panamá, con la finalidad de conocer el comportamiento de los aceros patinables (Fig. 28), puesto que este material fue utilizado para los anclajes del Puente Centenario, hasta el momento no tenemos antecedentes de su comportamiento en nuestro medio. Este proyecto fue avalado por la SENACYT



Fig. 28. Aceros patinables en la Estación Rompeolas.

Este proyecto fue avalado por la SENACYT y nació como una iniciativa de investigadores de la Universidad de Panamá y de la Universidad Tecnológica de Panamá, con la finalidad de conocer el comportamiento de los aceros patinables, puesto que este material fue utilizado para los anclajes del Puente Centenario, hasta el momento no tenemos antecedentes de su comportamiento en nuestro medio.

Su objetivo específico fue evaluar la corrosividad atmosférica sobre dos aceros patinables A 588 y el COR 420 expuestos a la atmósfera por un periodo de un año, comparativamente con un acero de bajo carbono A36.

Actualmente, esta investigación está bajo la responsabilidad de la Lic. Josefina Iglesias, el Ing. Jaime Justavino y el Lic. Cecilio Hernández de la Universidad Tecnológica de Panamá y el Dr. Juan A. Jaén de la Universidad de Panamá.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó una estación en la Costa del Pacífico, ubicada en un sitio urbano en Panamá, ubicado a 5 Km de la costa, en el área de Tocumen y tres estaciones en la Costa del Caribe para considerar un ambiente tropical marino que se muestran en las Fig. 29 y 30, siendo éstas:

-Fuerte Sherman Tierra Adentro, a 600 m de la costa

-Fuerte Sherman Costera, a 100 m de la costa

-Fuerte Sherman Rompeolas

En las figuras presentamos la ubicación de estas estaciones.



Fig. 29 Estaciones en Sherman



Fig. 30 Ubicación de las estaciones en Sherman y Tocumen

4.1 . DESCRIPCION TECNICA DEL PROYECTO

Los aceros estructurales se pueden separar en dos grandes categorías, los aceros al carbono y los aceros microaleados. Entre los aceros microaleados contamos con los denominados aceros patinables, “weathering steels” por su acrónimo en inglés, conocidos desde hace más de 60 años, aunque su uso extensivo en Estados Unidos, Europa y Japón se puede asociar a épocas más recientes. Se usan en la construcción de puentes, edificaciones, torres de transmisión, rieles de contención en autopistas y con otros propósitos estructurales, sin la necesidad de pinturas, por lo que se ahorra cantidades apreciables en mantenimiento. El término acero patinable describe a una clase de acero de microaleación, cuyos productos de corrosión forman una barrera protectora que disminuye la subsecuente velocidad de corrosión. Una vez producida la patina protectora en el acero patinable se reduce la velocidad de corrosión, hasta en un

factor de diez. La capa protectora está compuesta de partículas de óxidos de hierro densamente compactadas que evitan que el agua y el oxígeno alcancen al sustrato de acero. Dos tipos comunes de aceros patinables son A588 y A709, según la clasificación de la ASTM. Ellos difieren predominantemente en las cantidades de silicio, níquel, cobre y cromo presentes como elementos aleantes. La formación completa de la patina depende de las condiciones ambientales a las que se expone el acero y también del tipo y concentración de los elementos aleantes. Ciertas condiciones ambientales desfavorecen el desarrollo de la herrumbre protectora en los aceros patinables. Cuando se usa aceros patinables convencionales se debe evitar niveles altos de salinidad ($\text{NaCl} > 0.5 \text{ mg}/100 \text{ cm}^2 / \text{día}$), altos tiempos de humectación (promedio $> 60\%$) y la exposición directa a altos niveles de contaminantes industriales (i.e., $\text{SO}_3 > 2.1 \text{ mg}/100 \text{ cm}^2 / \text{día}$).

Aún sin disponer de estudios sistemáticos sobre el desempeño de los aceros patinables en Panamá, se cuenta con un par de ejemplos de su uso. El nuevo Puente sobre el Canal de Panamá, el Puente Centenario, fue construido con componentes estructurales internos a base de acero patinable. La Autoridad del Canal de Panamá ha utilizado acero patinable (Cor-ten) en una chimenea de una planta térmica de generación. Se utilizaron diferentes condiciones de ensayos naturales en estaciones que presentan diferencias significativas, en lo relacionado a la agresividad atmosférica.

Estación Rompeolas (Sherman): Sitio de exposición localizado en la base del rompeolas que separa la Bahía de Limón del Mar Caribe en Punta Toro en el Fuerte Sherman. En el lugar hay vientos que mantienen las olas chocando continuamente contra las piedras que sirven de rompeolas, lo que produce abundante sal en forma de rocío y una atmósfera altamente salina.

Estación Costera (Sherman): Este sitio se caracteriza por estar cerca de la orilla del mar, protegido de la acción de las olas debido a un arrecife de coral. Aunque la estación Costera está fuera del rompeolas, ella puede ser vista desde allí y se encuentra a una elevación de cerca de 2 pies sobre el nivel del mar y cerca de 165 pies del borde del agua. El sitio posee facilidades de exposición y protección a las

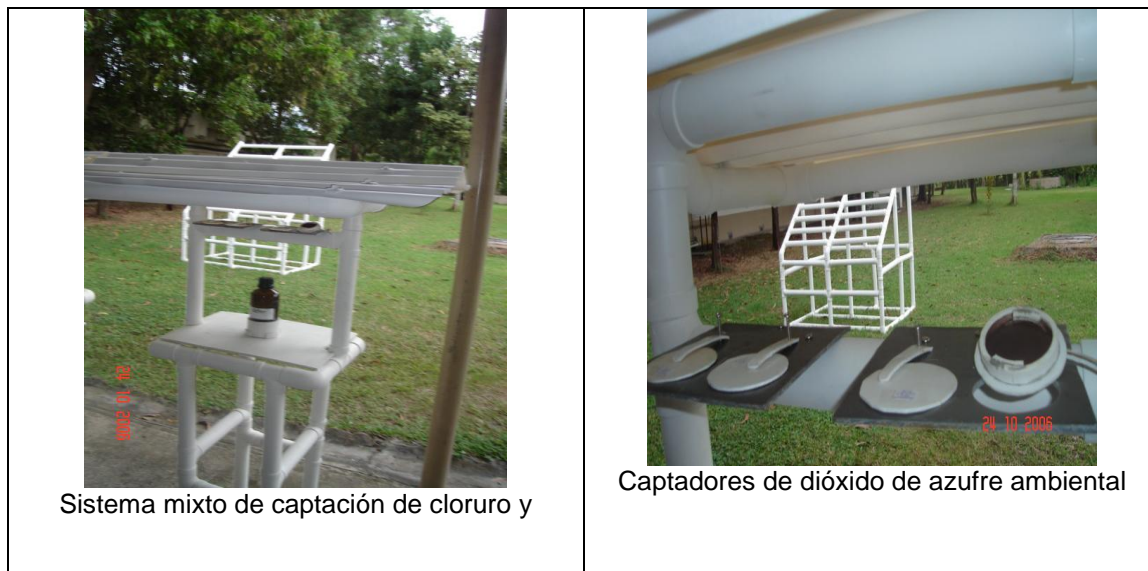
muestras. En este lugar se colectan los datos meteorológicos, como lo son: temperatura, humedad, rapidez y dirección del viento y lluvia. Estos parámetros son considerados a ser los mismos que la Estación de Rompeolas debido a su proximidad.

Estación descubierta Tierra Adentro (Sherman): Esta estación se encuentra localizada alrededor de 1.3 kilómetros tierra a dentro desde el rompeolas, en la esquina de las calles Chagres y Wenburg (Fuerte Sherman). En adición a los parámetros meteorológicos monitoreados en la Estación Costera, en esta estación se colecta información de radiación solar.

Estación Tocumen: También se expondrán al ambiente probetas de ensayo en una estación de menor contaminación salina y bajos o moderados niveles de SO_2 , situada en el la sede de Tocumen de la Universidad Tecnológica de Panamá.

Los paneles se colocan a un ángulo de exposición de 30° en la Estación Rompeolas y 45° en las otras estaciones, atendiendo las normas ISO7DIS 8565 y ISO 2810. Tanto en las estaciones de Sherman como en Tocumen se dispone de captadores de SO_2 y de cloruros incluyendo el sistema de albergue de estos, e instalaciones meteorológicas son medidores de precipitación pluvial, humedad relativa y temperatura. Las fig. 31 y 32 presentan los distintos sistemas usados para la captación de cloruros y dióxido de azufre. Al igual que los sistemas usados para el estudio de la corrosión en ambientes internos.

Fig. 31 Sistemas de Captación de Cloruros y Dióxido de Azufre



<p style="text-align: center;">dióxido de azufre ambiental</p>  <p style="text-align: center;">Sistema mixto de captación de cloruro y dióxido de azufre ambiental</p>	 <p style="text-align: center;">Sistema de captación de cloruro ambiental</p>
 <p style="text-align: center;">Sistemas o cámara para estudios de corrosión interior (Indoor)</p>	 <p style="text-align: center;">Mantenimiento de las cámaras Indoor</p>

Fig. 32 Sistemas de captación de cloruros y dióxido de azufre

Según las pautas para el estudio de la corrosión de acero, por exposición de cupones del acero a sitios de la prueba con seguimiento de las condiciones ambientales, por períodos típicamente hasta 30 años. A intervalos regulares, algunos cupones se retiran, se mueven los productos de corrosión, y se determina la pérdida de masa sufrida por el acero. De aquí se determinan las velocidades de para un tipo de exposición particular y su clasificación de corrosividad.

El programa de las exposiciones de las probetas de ensayo a la atmósfera es de 3 meses, 6 meses, 9 meses y 1 año. Estas son el objeto directo de nuestro estudio. Para fines de un programa prolongado se instalarán probetas que serán retiradas al cabo de 2,5, 10,20 y 30 años, estableciéndose de esta manera las bases para un estudio prolongado de 30 años. Con la estación meteorológica, se colectan los datos meteorológicos de temperatura, humedad, radiación solar y precipitación pluvial. Además, se registran las concentraciones de dióxidos de azufre y cloruros.

Las superficies se examinan antes y después de las exposiciones mediante análisis metalográficos y morfológicos, con microscopios óptica y microscopio electrónico de barrido.

Se realizan ensayos gravimétricos normados, para determinar la velocidad de corrosión por pérdida de peso en los diferentes metales. Una vez finalizado el período de exposición, las probetas oxidadas se someten a tratamiento químico, según lo especificado en las normas ASTM G1 e ISO/DIS 8407.03. Se dispone de una cuarta probeta con la que se medirán las velocidades de corrosión mediante mediciones electroquímicas del potencial de corrosión y las herrumbres se separan mecánicamente y se caracterizan mediante técnicas de análisis instrumentales.

Los datos recopilados de velocidades de corrosión (K) en g/m^2 o micras/año, contaminantes: cloruros (Cl) en $\text{mg/m}^2\text{d}$ y dióxido de azufre (SO_2) en $\text{mg/m}^2\text{d}$, así como los parámetros meteorológicos: Temperatura media del aire (T) en $^{\circ}\text{C}$, humedad relativa (HR) en % y cantidad de lluvia caída (P) en mm., serán procesados estadísticamente con la ayuda de un programa de computación.

CONCLUSIONES ACTUALES DEL PROYECTO

Los resultados indican una fuerte dependencia de la corrosividad atmosférica sobre las condiciones de exposición.

Se comprueba que los productos de corrosión no han consolidado la formación de la patina protectora en los aceros patinables, ya que no se observan diferencias significativas atribuibles a dicha capa en la velocidad de corrosión.

Como vemos, hasta el momento se han llevado a cabo una serie de estudios en el área de corrosión atmosférica, sin embargo es importante señalar que en estos sitios la UTP está programando estudios enfocados al deterioro, como por ejemplo: componentes electrónicos, y diferentes tipos de polímeros que también tienen un amplio uso en

nuestro medio y que en algunos casos están reemplazando a ciertos componentes metálicos.

5. CONCLUSIONES SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ EN LAS ESTACIONES DE SHERMAN.

En el 2003 se inicia el uso de las estaciones ubicadas en Sherman, Colón.

Durante este período se desarrollaron tres investigaciones, las cuales todas fueron presentadas en congresos nacionales, con una publicación internacional, presentada en el Congreso Latinoamericano de Corrosión, celebrado en Fortaleza, Brasil en 2006.

La investigación sobre los aceros patinables localizadas en todas las estaciones, aún se encuentra en ejecución.

Se ha recopilado una importante data sobre velocidades de corrosión de materiales galvanizados, sobre comportamiento de recubrimientos orgánicos, sobre la contaminación atmosférica, específicamente sobre la rata de deposición de cloruros y dióxidos de azufre. Adicionalmente, se registraron los parámetros climatológicos siguientes: temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar, velocidad y dirección de vientos.

Todos los trabajos efectuados han sido orientados a actividades de evaluación y caracterización del comportamiento de metales, aleaciones y diferentes recubrimientos expuestos a medios agresivos, como lo es el trópico húmedo, con la finalidad de generar recomendaciones en cuanto a selección de materiales y sistemas de protección.

Además de los proyectos arriba mencionados es importante señalar que el año 2006 se participó en el "LATINCORR-2006", que se efectuó en Brasil y en donde se expuso un trabajo: "*Study of the corrosion products on carbon steel exponed in the caribbean coast of Panama*", sobre resultados de probetas expuestas en las estaciones del Fuerte Sherman en Colón.

Es importante indicar que la Universidad Tecnológica de Panamá ha hecho un gran esfuerzo en el manejo de las 3 estaciones y una inversión económica importante para su rehabilitación.

En sus inicios, las tres estaciones de ensayo de Sherman sólo contaban con los anaqueles o paneles para la colocación de láminas para estudios de corrosión atmosférica. No contaban con sistemas de captación de contaminantes atmosféricos, específicamente cloruros y dióxido de azufre ambiental. Estos sistemas fueron instalados inicialmente en la estación Rompeolas (Fig. 33), en el período 2002 - 2004. Se instaló además una estación meteorológica. Estos sistemas de monitoreo iniciales sufrieron alto deterioro por lo agresivo de este microclima.



Fig. 33 Paneles para la colocación de láminas metálicas

En este período se había planificado con una empresa un proyecto que financiaría el mantenimiento y rehabilitación de estas estaciones, pero no cristalizó. No obstante se continuó, con inversión propia, con el desarrollo de los proyectos inicialmente citados.

Con el proyecto “Corrosión Atmosférica de Aceros Patinables en el Ambiente Natural del Clima Tropical Húmedo de Panamá”, realizado en conjunto entre la Universidad de Panamá y la Universidad Tecnológica de Panamá, auspiciado por la SENACYT (Proyecto FID06-227) que se inició en el año 2006, se pudo contar con recursos para construir los sistemas de captación de contaminantes atmosféricos, específicamente

cloruros y dióxido de azufre ambiental con materiales más adecuados y resistentes a la corrosión (a base de PVC y pintura epóxica) en las 3 estaciones localizadas en Sherman. Entre el 70-80 % de la operación de este proyecto ha estado bajo la responsabilidad de la UTP y se visualizó como una estrategia para rehabilitar las 3 estaciones para estudios de corrosión.

Con el apoyo de este proyecto se instaló además, en las 3 estaciones, SISTEMAS O CÁMARAS PARA ESTUDIOS DE CORROSIÓN INTERIOR (INDOOR), que simulan la corrosión de materiales por ejemplo en hangares o talleres, es decir sitios donde los materiales se encuentran bajo techo y hay circulación de aire. La fig. 34 muestra diferentes vistas de estas cámaras, Dentro de estas cámaras se ubican las muestras metálicas sometidas a corrosión e igualmente sistemas de captación de cloruros y dióxido de azufre, y sensores de humedad relativa y temperatura. Es importante señalar que estos estudios y sistemas son de gran utilidad para los fabricantes y usuarios de herramientas y componentes electrónicos de uso en talleres, fábricas e industrias diversas. Estos sistemas son las únicas instalaciones en su tipo en el país.

A partir del año 2006 a la fecha ha habido una presencia constante de colaboradores de la UTP, ya que el retiro y cambio de captadores de contaminantes se hace mensualmente, la captación de la data meteorológica es mensual y el retiro de láminas de acero se hace cada 3 meses, 6 meses, 9 meses y 1 año de exposición (así como a los 2 años, 5 años y 10 años para el proyecto de aceros patinables).

Fig. 34 Cámaras para captación de contaminantes atmosféricos y estudios de Corrosión Interior (Indoor), construidas para el proyecto “Corrosión Atmosférica de Aceros Patinables en el Ambiente Natural del Clima Tropical Húmedo de Panamá”.



Vista del Interior de una Cámara Indoor: probetas, botella de captación de cloruro ambiental y captadores de dióxido de azufre ambiental e Higrotermógrafo



Higrotermógrafo



Trabajos de instalación de sistemas de captación de cloruros y dióxido de azufre ambiental en la estación rompeolas-Sherman



Trabajos de instalación de sistemas de captación de cloruros y dióxido de azufre ambiental en la estación rompeolas-Sherman



Trabajos de instalación de sistemas de captación de cloruros y dióxido de azufre ambiental en la estación rompeolas-Sherman



Trabajos de instalación de sistemas de captación de cloruros y dióxido de azufre ambiental en la estación rompeolas-Sherman

Lamentablemente la estación Rompeolas previo al inicio del proyecto experimentó vandalismo en la cerca, casi en su totalidad y la misma fue rehabilitada por la UTP en el año 2006.

El diseño, construcción e instalación de todos estos sistemas de estudios: cloruros y dióxido de azufre ambiental, cámaras de corrosión interior, así como la colocación de sensores de humedad relativa y temperatura, su mantenimiento e inspección mensual, preparación, colocación y retiro de todas las láminas de acero al carbono y de acero inoxidable, ha estado bajo la responsabilidad de la utp y evidentemente ha representado una inversión importante a nivel institucional, en especial en recurso humano, transporte, combustible y viáticos.

La importancia de los estudios de exposición y corrosión atmosférica en estas estaciones es clara, si consideramos que en nuestro país se exponen a la atmósfera un porcentaje elevado de estructuras metálicas. De igual manera, existe una gran cantidad de otros materiales no metálicos que son afectados por su exposición a nuestro ambiente como lo son por ejemplo los polímeros y los textiles.

Por todo lo anteriormente expuesto consideramos que es de vital importancia que la Universidad Tecnológica continúe con estos estudios.

Como proyecciones/ y o líneas de investigación a corto y mediano plazo se han considerado las siguientes.

1. Evaluación del efecto de la humedad sobre componentes electrónicos.
2. Estudio del comportamiento de barras galvanizadas en hormigón armado como una medida de protección contra la corrosión.