**LA ENSEÑANSA DE CORROSION EN LA FORMACION DEL INGENIERO**

**1.- QUE ES CORROSION?**

Los fenómenos corrosivos han sido objeto de estudios científicos por muchísimos años. Históricamente, corrosión ha significado la oxidación destructiva de los metales. Actualmente, las aplicaciones de la ingeniería incluyen una nueva y buena cantidad de materiales no metálicos, y el término corrosión ha cambiado a: la degradación o pérdida de función por exposición al medio ambiente con que conviven los materiales. La corrosión puede causar un gran impacto sobre la seguridad y confiabilidad de un extremadamente amplio rango de artículos, su impacto económico es muy alto y juega un rol crítico en la determinación de ciclos de vida en rendimiento, seguridad y costo de los productos y sistemas de ingeniería, infraestructura y defensa de los países, áreas tecnológicas como producción de energía, explotación producción distribución petrolera, transporte, ingeniería biomédica, distribución de agua, disposición de agua, electrónica y otros.

“CORROSION, es una reacción irreversible e inter facial de un material (metal, cerámico, polímero) con su medio ambiente y que resulta en el consumo del material o la su disolución en el material o componente en el medio”. (IUPAC Unión Internacional de Química Pura y Aplicada).

“CORROSION, es la desintegración destructiva de un metal por medios electroquímicos” ([www.systemsaver.com/website/glossary/glossary.html](http://www.systemsaver.com/website/glossary/glossary.html)).

“CORROSION, es el deterioro de un metal mediante reacción química o electroquímica con su medio ambiente”([www.uscontainer.com/glossary.html](http://www.uscontainer.com/glossary.html))

“CORROSION, es el ataque gradual químico o electroquímico sobre un metal por la atmósfera, humedad u otros agentes” ([www.weirton.com/glossary/C.html](http://www.weirton.com/glossary/C.html))

 “CORROSION, es un proceso complejo químico o electroquímico en el que el metal es destruido a través de reacciones con su medio ambiente, por ejemplo la corrosión por herrumbre” ( [www.spwla.org/library\_info/glossary/reference/glossc/glossc.htm](http://www.spwla.org/library_info/glossary/reference/glossc/glossc.htm))

“CORROSIÓN, es una acción química que causa el deterioro gradual de la superficie de un metal por oxidación o reacción química” ( www.tkb- 4u.com/glossarylist/glossary\_ac.php).

“CORROSION, es la destrucción gradual o alteración de un metal o aleación causada por ataque químico directo o por reacción electroquímica” ([www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/Pipefitting/pgot.htm](http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/Pipefitting/pgot.htm)).

 “CORROSION, es el deterioro de un material por reacción química o acción galvánica” ( [www.prioritywire.com/glossary.html](http://www.prioritywire.com/glossary.html))

“CORROSION, es la degradación de metales/ aleaciones o la degradación química de materiales (vidrio, concreto, etc.) debido a la reacción con su medio ambiente, usualmente acelerada por la presencia de ácidos o bases”([www.pqcorp.com/technicalservice/Glossary.asp](http://www.pqcorp.com/technicalservice/Glossary.asp))

“CORROSION, es el ataque gradual químico o electroquímico sobre un metal por humedad atmosférica u otros agentes” ( [www.usx.com/corp/sheet/glossary.htm](http://www.usx.com/corp/sheet/glossary.htm)).

“CORROSION, es pérdida deteriorativa de un metal como resultado de reacciones medioambientales” ( [www.cartech.doe.gov/resources/glossary.html](http://www.cartech.doe.gov/resources/glossary.html)).

 “CORROSION es el deterioro de un metal por reacciones químicas o electroquímicas con substancias en su medio ambiente” ( [www.almag.com/glossary.htm](http://www.almag.com/glossary.htm)).

“CORROSION es un proceso en que un metal es destruido por una reacción química. ( library.thinkquest.org/C006669/data/Chem/glossary.html).

“CORROSION es un fenómeno electroquímico común a todos los metales base en medios ambientes acuosos o húmedos por lo cual, los iones metálicos son evolucionados en el sitio anódico y los electrones asociados con esta disolución aceptada en un sitio catódico” ([www.erc.montana.edu/Res-Lib99-SW/glossary/geng.html](http://www.erc.montana.edu/Res-Lib99-SW/glossary/geng.html)).

 “CORROSION es el deterioro de materiales desde la acción química” ([www.hvac2000.com/definitionslist.htm](http://www.hvac2000.com/definitionslist.htm)).

“CORROSION, es el deterioro de un metal por reacciones químicas o electroquímicas resultantes de la exposición al intemperismo, humedad, químicos y otros agentes o medios” ([www.c-risk.com/Reference\_Library/BC\_Glossary\_01.htm](http://www.c-risk.com/Reference_Library/BC_Glossary_01.htm)).

“CORROSION, es la pérdida deteriorativa de un metal como resultado de reacciones de disolución en el medio” ([www.tulane.edu/~bmitche/book/glossary.html](http://www.tulane.edu/~bmitche/book/glossary.html)).

“CORROSION, es la destrucción de un metal por reacciones químicas o electroquímicas con su medio ambiente” ( [www.lubetrain.com/info/glossary.html](http://www.lubetrain.com/info/glossary.html)).

“CORROSION, es un estado de deterioro en metales causado por oxidación o acción química” ([www.cogsci.princeton.edu/cgi-bin/webwn](http://www.cogsci.princeton.edu/cgi-bin/webwn)).

“CORROSION, es Erosión por acción química” ([www.cogsci.princeton.edu/cgi-bin/webwn](http://www.cogsci.princeton.edu/cgi-bin/webwn)).

**“CORROSION es el deterioro de un material, usualmente un metal que resulta de una reacción con su medio ambiente**” **[NACE International](http://corrosion-doctors.org/InternetResources/NACE.htm).**

**2.- POR QUE ES IMPORTANTE ESTUDIAR CORROSION?**

Podemos empezar diciendo que la corrosión de los metales es en cierto sentido inevitable, los metales se encuentran en su forma natural, manteniendo equilibrio con su medio ambiente. Recordemos que los metales, salvo alguna que otra excepción, como los metales nobles (oro, platino, etc., se encuentran en estado nativo en la tierra), no existen como tales en naturaleza, sino combinados con otros elementos químicos formando los minerales, como los óxidos, sulfuros, carbonatos, etc.

Para la obtención de los metales en estado puro, debemos recurrir a su separación a partir de sus minerales, lo cual supone un gran aporte energético. Pensemos solamente en el enorme consumo de energía que supone el funcionamiento de una acería para obtener un material tan indispensable para el desarrollo actual, como el acero. Pues bien, producido el acero, éste prácticamente inicia el periodo de retorno a su estado natural o de equilibrio, óxidos de hierro. ……**Porque es un proceso natural.**

Todos los materiales se corroen en determinados medios en mayor o menor grado, así el hierro, aluminio, cobre sufren ataque en el agua, en la humedad, en presencia de sales, polución, etc. El oro y la plata son fácilmente atacables por el cianuro de sodio o por el mercurio y el platino podría ser atacado por el agua regia.

Se deben considerar otros factores que afectan el proceso corrosivo como la presión, tratamientos térmicos, condición de superficie, esfuerzos, etc.

La posibilidad de que los plásticos y composites fallen debe ser considerada una preocupación constante para los Ingenieros que diseñan, muchos de los cuales no analizan esta posibilidad y por lo tanto no están familiarizados con el riesgo.

Los mecanismos del deterioro no han sido ampliamente publicados y los expertos en estos materiales deberían arrojar luz sobre los mecanismos de estas formas de deterioro y su costo

Materiales no metálicos como las cerámicas y los polímeros no presentan un fundamento electroquímico pero pueden ser deteriorados por ataques químicos directos. Por ejemplo, los materiales cerámicos refractarios pueden ser atacados químicamente a altas temperaturas por las sales fundidas. Los polímeros orgánicos pueden ser deteriorados por el ataque químico de disolventes orgánicos. El agua es absorbida por algunos polímeros orgánicos, provocando en ellos cambios dimensionales o en sus propiedades. La acción combinada de oxígeno y radiación ultravioleta es susceptible de destruir algunos polímeros, incluso a temperatura ambiente.

Otras manifestaciones sobre no metales son el ataque generalizado como Chalking en recubrimientos epóxicos, erosión presente en neumáticos de vehículos y el desgaste manifiesto de las vías, el ataque localizado por termitas y nematodos en madera, corrosión selectiva de concreto por ataque de químicos, erosión en piedras, ataque al concreto, destrucción de dientes por diferenciales de Oxígeno (Crevice), exfoliación de madera, desgaste en textiles, entre otros.

Combatir la corrosión significa: prolongar el tiempo de servicio de tales bienes, disminuir su mantenimiento, diseñar con menor costo para un tiempo definido de servicio, o, cuando no, impedir accidentes que pueden provenir de fracturas súbitas, consecuencias del proceso corrosivo. ………**Por que la corrosión nos rodea**

***"LA CORROSION NO SE ELIMINA, LA CORROSION SE CONTROLA, LA CORROSION SE ORIENTA"***

Si únicamente tomamos en consideración los materiales metálicos para la producción de bienes, (sin olvidar que los materiales no metálicos también tienen su origen en recursos no renovables), se podría establecer un análisis de disponibilidad posible y limitada en la corteza terrestre comparando con las cantidades producidas anualmente como metal final en la moderna industria y aplicando tazas de corrosión de distinto valor, se llegará a concluir que las fuentes naturales de mineral y toda la energía que se utilizó para transformarlos en objetos útiles, se pierde irremediablemente a diferentes velocidades de corrosión en cada uno de los medios dependiendo de otras condiciones

Existen estudios relacionados con conservación de energía que señalan que la manufactura de los metales a partir de sus fuentes naturales consume grandes cantidades de energía, por ejemplo entre 55 a 70 x 106 J/kg para Acero de 200 a 250 x 106 J./kg. Para Aluminio y similares valores para otros metales. La energía contenida en un vehículo de 1,3 x 1011 J, de la que más del 33% puede ser recuperada por reciclado, pero extendiendo la vida útil de tal vehículo, puede ser posible ahorrar grandes cantidades de energía. La manufactura de metales a partir de desechos consume mucho menos energía, pero cuando el metal se ha corroído, es claro que no existe disponibilidad de chatarra (3). Luego: ….**La corrosión es gasto inútil de fuentes naturales de material y de energía**

Un análisis relacionado con el tema corrosión, podría permitirnos tres campos adicionales de atención como:

\* **LA SEGURIDAD** de las personas y de las instalaciones por los efectos negativos que se derivan de los problemas de corrosión, fugas a altas temperaturas, explosiones, fuegos, etc.

\* **LA CONTAMINACION AMBIENTAL** como efecto negativo sobre el entorno industrial o mayor, dependiendo del tipo de contaminación llegándose a verdaderos atentados sobre el medio ambiente y sobre la vida misma.

* **ALTERACIONES SOCIALES** ocasionadas por el ambiente negativo de trabajo y el temor ante potenciales peligros causados por la corrosión.

Existen impactos difíciles de cuantificar como los que afectan al medio ambiente y a la sociedad: fuga de químicos, petróleo, aguas servidas de tanques, recipientes, tuberías pueden tener efectos de largo tiempo en el medio ambiente incluyendo: distribución de agua, calidad del aire, contaminación de cultivos de alimentos, ganadería, edificios y la misma población en zonas rurales. Las fugas pequeñas de tanques son un problema continuo, a la larga los efectos de la contaminación en áreas grandes no tienen una respuesta económica solamente. La limpieza consume tiempo y recursos además restringe el uso de la tierra y el agua por mucho tiempo. Luego: …**la corrosión representa costo social y atentado al medio ambiente**

**LOS COSTOS DE LA CORROSIÓN**

El costo anual de la corrosión en el mundo está sobre el 3% del GDP GrossDomesticProducts (Valor de mercado de todos los productos finales y servicios producidos oficialmente reconocidos dentro de un país en un año) Estados Unidos 16´244.600 millones USD, Brasil 2´254.109 millones USD, México 1´183.655 millones USD, Argentina 477.028 millones USD, Venezuela 382.424 millones USD, Colombia 369.813 USD, Chile 268.314 millones USD, Perú 204.681millones USD, Ecuador 87.495 millones USD, Uruguay 49.919 millones USD, Bolivia 27.035 millones USD, Paraguay 25.935 millones USD, Total mundial 72´689.734 millones USD (Lista Naciones Unidas 2012 / Fuente List of countriesby GDP nominal – wilkipedia), entonces el costo mundial de la corrosión alcanza USD 2,2 Trillones. Con esta realidad, los gobiernos y las industrias no han puesto su atención al problema excepto en áreas de alto riesgo como aviación y ductos. *Ahora es tiempo para los profesionales de corrosión para orientar su esfuerzo a educar en la industria, en los gobiernos y en el público, ahora es tiempo para trabajar juntos a fin de armonizar la estandarización y prácticas alrededor del mundo para comunicar y compartir tecnologías de mitigación, ahora es tiempo para hacer los mayores impactos para proteger el medio ambiente, preservar fuentes naturales, preservar la existencia humana* (George F, Hays, PE WorldCorrosionOrganization)

Por otro lado, la aplicación adecuada de los conceptos ahorran billones en el intento de controlarla, se ha concluido que: la aplicación de los conceptos del fenómeno corrosión, podrían reducir muy altos valores para las naciones.

Otro estudio realizado diferente al anterior con algún detalle en los Estados Unidos fue estimado en muchas categorías de actividad llegándose a un total anual de 137,9 billones pero al no haber examinado todas las industrias, se considera un valor algo mayor, siendo así, la corrosión es reconocida como uno de los más serios problemas de la sociedad moderna que resulta en pérdidas anuales de cientos de millones de dólares.. ……**Luego la corrosión es un proceso costoso.**

Los costos asociados con la corrosión aunque largamente ocultos en nuestro medio, son asumidos por cada consumidor, usuario y productor. Representan valores enormes como se vio anteriormente en Estados Unidos, se estima en 3,1% del producto interno bruto, lo cual representa que aplicando la relación paa el año 2007, se estima un valor directo de producto interno bruto tendríamos 429 billones para un GDP de 13´811.200 M.USD con una población de 303 millones que permite una estimación de 1416 USD por persona por año. Para Estados Unidos. Se han proyectado estimaciones similares en otros países (1).



En general, los materiales utilizados en el mundo moderno han sido forzados hasta los límites de su operatividad. Las demandas requerirán profesionales conscientes del riesgo medio ambiental y la seguridad en todo tipo de sistemas y debe anticipar y diseñar para la sostenibilidad en condiciones extremas. Los Ingenieros deben alcanzar una sólida comprensión de los fundamentos físicos y químicos de la corrosión, así como estar al día de los avances en ingeniería que tienen relación con la corrosión y con su abatimiento.

**UNA PROYECCION AL FUTURO DE LA IMPORTANCIA DE LA CORROSION(1)**.

***Transportación y combustibles***

La sobre dependencia actual del petróleo afecta los sistemas de transporte y almacenamiento en todo el mundo así mismo la amenaza del cambio climático traerán consigo transformaciones radicales en el abastecimiento de energía. En la década siguiente posiblemente asistamos a la gradual electrificación de los automotores con fuerte dependencia de celdas a fuel, baterías y mallas de electricidad. Un nuevo set de problemas de corrosión acompañaran las transformaciones y es probable que su vida útil esté limitada por dichos problemas. La producción de Hidrógeno en grandes cantidades suficientes para hacer impacto en la infraestructura de transporte probablemente requieran de procesos termoquímicos y electroquímicos, usando muy altas temperaturas y soluciones altamente corrosivas. Los tanques de almacenamiento para Hidrógeno deberán resistir la degradación como difusión, fragilización, carburización.

## Los tanques de almacenamiento y sistemas de tubería para máquinas de combustión interna que son diseñadas para trabajar con bio combustibles a base de etanol necesitarán ser rediseñadas?, Aditivos para gasolinas necesitarán ser desarrollados a causa de los problemas de corrosión únicos. Las formulaciones de las gasolinas sufren ya modificaciones por el uso de recursos renovables como Etanol que son más sensibles a la absorción del agua generando un incremento en la posibilidad de corrosión en las etapas de transporte y almacenamiento.

***Dispositivos y sistemas tecnológicos***

Las nuevas estructuras en Ingeniería emplean cada vez más materiales livianos para ahorrar dinero y energía, las estructuras composite, cerámicas y metales más materiales reactivos como el Magnesio resultan más livianos como producto final, pero pueden llegar a requerir mejores sistemas de control de la corrosión. El Magnesio ligero es mucho más reactivo que el Acero o el Aluminio, compuestos con Grafito pueden dar lugar a estructuras muy delgadas pero deberán contar con mejor resistencia al medio ambiente para mantener la integridad estructural..

***Infra estructura energética***

La sociedad se enfrenta al reto en la Ingeniería del futuro, es de considerar en la infra estructura energética mecanismos para evitar la emisión de gases del efecto invernadero y maximizar la eficiencia en la producción de electricidad. Las turbinas de viento, celdas solares, bio combustibles, energía nuclear, Carbón son la base para un desarrollo significativo y una cada vez mayor aplicación. Posiblemente la corrosión sea la clave en la celda solar y el rendimiento en la turbina de viento. Las estrategias para depurar las emisiones de carbón, probablemente estarán limitadas por problemas de corrosión. De la misma forma, las altas eficiencias de las centrales de energía se logran mediante uso de fluidos a altas temperaturas que representan mayor costo que controlar corrosión actualmente. Mientras se considere el desarrollo de más centrales nucleares, el almacenamiento y la eventual eliminación de residuos son elementos de cuestionamiento también por velocidades de corrosión. Entonces todas las fuentes de energía sufrirán un costo cada vez mayor por la corrosión y nuevas formas de corrosión, por lo tanto, los desarrollos en la tecnología en el tema son la clave para la eficiencia en la producción de energía.

***Tecnología médica***

La atención médica se ha desarrollado cada vez más dependiente de dispositivos técnicos que monitorean y controlan las funciones del cuerpo. El impulso para minimizar su tamaño, maximizar la capacidad y llegar con los mismos hasta lugares que la vida los demande en materiales de construcción y gran tolerancia a la corrosión. El uso de materiales nuevos para soportar tiempos más largos requerirá sin duda del conocimiento de la interacción entre los materiales y el medio ambiente del cuerpo humano. La exposición a las drogas exigirá de tales instrumentos el tener particular alta resistencia a las interacciones químicas. Los nuevos usos de tales dispositivos y los implantes están limitados por la necesidad de que resistan a la corrosión por periodos muy largos, mientras más dispositivos son implantados en una población que envejece a diario, pueden ocurrir fallas inesperadas, sin embargo, los diseñadores no serán capaces de resolver estos problemas a menos que aquellos tengan un extenso entrenamiento en la ciencia de la corrosión.

***Electrónica e informática***

Los circuitos electrónicos modernos se caracterizan por ser cada vez más pequeños aumentando su capacidad de memoria y densidad computacional. Se detectan nuevos problemas que se originan en el ataque medio ambiental a medida que incrementa la relación superficie a volumen. La inserción de dispositivos inteligentes y el amplio desarrollo de sensores en todo tipo de estructuras y de sistemas coloca a la electrónica en condiciones de uso cada vez más severas. Aunque el teléfono móvil se constituye en producto básico el usuario espera que tal instrumento cambiará de forma y condiciones fiables de forma que se transfieran corrientes de micro amperios para incrementar tiempos de uso, la corrosión en los contactos puede destruir la calidad y confiabilidad. Los sensores cada vez más importantes en la vida diaria en tareas como el seguimiento de la actividad biológica en el cuerpo hasta control de condiciones en el vehículo o condiciones de viento, precipitación, contaminación química y otras. La utilidad de los sensores está impulsada por los avances a micro nivel, lo que resulta en áreas de superficie significativamente mayores para el mismo volumen activo, dando como resultado que la superficie de interface y los procesos corrosivos sean mucho más importantes de lo que son hoy y crearán una amenaza creciente para el dispositivo y la fiabilidad del sistema.

***Defensa nacional***

En las condiciones actuales, los instrumentos de la defensa de las naciones presentan mucha sensibilidad, pero a futuro los retos serán mayores conforme se insertan nuevos materiales en las plataformas de defensa. Los vehículos destinados a campos de batalla son sometidos a condiciones diferentes a las de diseño con mecanismos de degradación diferentes, el uso de materiales inteligentes en los campos de batalla hace necesario resistencia robusta en ambientes agresivos. La vestimenta para el soldado del futuro probablemente sea multifuncional, con capacidad de comunicación, fuentes de energía propia y armamento, todo lo cual exigirá considerable innovación en durabilidad. Debe tomarse en cuenta además que por efectos de la corrosión un alto porcentaje del armamento bélico se encuentra en reparación o al menos está siendo utilizado en rendimientos menores a su plena capacidad debido al desgaste.

***Infraestructura pública***

La infraestructura nacional de nuestros países y su mantenimiento es un rubro muy importante. Se presentan problemas de corrosión graves en el manejo del almacenamiento y distribución de agua, las pérdidas del producto son significativas y las entregas se vuelven deficientes a causa de problemas de corrosión. Por otro lado: puentes, cubiertas, edificios, sistemas de carreteras, ponen en peligro la seguridad pública e incurren en grandes gastos cada año por mantenimiento que podría ser reducido prestando más atención a la corrosión en la etapa de diseño. La sostenibilidad de la infraestructura moderna depende del diseño y el mantenimiento de sus componentes y esto requiere a su vez de ingenieros y científicos capaces de seleccionar materiales para reducir al mínimo la degradación por medio ambiente

Aún los monumentos históricos son constantemente sometidos al ataque corrosivo y requieren de mantenimiento para preservarlos. Existen estructuras y objetos del pasado que requieren de manejo especial de restauración y métodos de protección. Las estatuas de bronce se convierten en un especial problema por influencia la lluvia ácida que ataca a aleaciones como los bronces que anteriormente permanecieron inertes al ataque medio ambiental. La estatua de la Libertad en New York se encontró durante su restauración de 1980 que cada una de las 1350 costillas de hierro que soportan la piel de la estructura debieron ser eliminadas y reemplazadas cuando se descubrió que el hierro había sufrido corrosión galvánica donde entró en contacto con la piel de cobre, perdiendo hasta 50% de su grosor original

***En resumen,*** estamos ya presionando los límites de operatividad de todos los materiales que utilizamos en el mundo moderno. Por ejemplo, Estados Unidos se ha comprometido en poner misiones tripuladas en la Luna y Marte,luego deben desarrollar sistemas de transporte y apoyo para hacer frente a tales.Ecuador vive el reto del cambio en la matriz productiva, la humanidad se está expandiendo por los entornos más duros de la tierra, lo que requiere de objetos, sistemas y estructuras que puedan ser apoyo de la actividad humana en grandes profundidades oceánicas, bajo la tierra, en entornos árticos en el desierto. Todas esas demandas exigen personal consciente del ataque del medio ambiente en todo tipo de sistemas capaces de ser anticipados en el diseño para la sostenibilidad en condiciones extremas.

**LOS INVOLUCRADOS**

***El diseñador*** es responsable por la creación de productos que puedan desempeñarse en forma segura, confiable y eficiente, se debe comprender y tomar en cuenta los límites operativos y los posibles modos de falla. El no anticipar para mitigar la corrosión, puede exponer a los productos a un alto riesgo de falla. La degradación de estructuras puede resultar en pérdida de producción o limitaciones de uso y en algunos casos pérdida de vidas.. Para mitigar tales riesgos se debería incorporar como base del diseño una evaluación de las causas, mecanismos de falla y de las posibles técnicas de prevención por fallas o degradación que deben ser incorporados en el diseño.

***El comprador*** tiene la responsabilidad de asegurar que su sistema de selección funcione con seguridad y eficientemente en equilibrio con la carga financiera y facilidad de mantenimiento. Aquellos responsables del mantenimiento de la infraestructura pública, requieren un suficiente respaldo de conocimientos relacionados con ingeniería de corrosión para reconocer que la misma ha sido tomada en consideración en los procesos de diseño y para estimar los costos de operar el producto adquirido, incluyendo el desarrollo de un plan realístico y proactivo para mitigar la corrosión. Vías, puentes, aviones, ductos, mallas eléctricas son ejemplos de sistemas donde un adecuado conocimiento de la corrosión puede jugar papel principal en abatir costos de mantenimiento, alargar la vida útil y menor riesgo de fallas.

***El usuario*** final pueden tener una mínima relación con el diseñador, pero debe estar confiado de que el diseñador ha tomado en consideración los riesgos de corrosión. El, tanto como el público en general deben implícitamente confiar de que los diseñadores y suplidores están abasteciendo bienes que son adecuados para el trabajo programado y seguros. Mientras que los costos monetarios de la corrosión pueden ser estimados, el costo del riesgo de la seguridad pública no puede ser fácilmente medido sin realizar una compleja evaluación de riesgo. La seguridad pública y el medio ambiente son la principal razón.

**UN ESQUEMA PROFESIONAL OPERATIVO**

Los campos de la ciencia corrosión e ingeniería de corrosión tratan de responder al deseo de seguridad, confiabilidad, economía y eficiencia en diseños de larga vida. El personal responsable de orientar los problemas de corrosión tanto en el campo de los procesos industriales gubernamentales como privados, deberán estar preparados en varios niveles y tipos de formación..

**Tecnólogos en corrosión son necesarios para:** desempeñar funciones repetitivas cruciales como aquellas de inspectores de pintura y cumplimiento de especificaciones, operaciones de monitoreo, evaluadores en protección catódica e instaladores. Conduce funciones de prueba,ejecuta prácticas bien establecidas tales como aquellas desarrolladas por las comunidades de estandarización. Ingenieros de ejecución y personal joven preparado, son quienes hacen la mayor parte del mantenimiento de equipo y deben poseer algún conocimiento en Corrosión, pero en muchas ocasiones, también deben mantener conocimiento sobre materiales.

**Los especialistas** o personas que en razón de su conocimiento de las ciencias físicas, de los principios de la Ingeniería y matemáticas adquiridos por una educación profesional y experiencia práctica relacionada, está calificado para involucrarse en la práctica de control de la corrosión en estructuras metálicas enterradas o sumergidas dedicados a la selección e implementación de métodos de protección, evaluar inhibidores o para seleccionar materialesque puedan soportar medios corrosivos también son necesarios en áreas especializadas como aviación, metalurgia, química, motores, costa afuera, análisis de falla.

**Los expertos**, Finalmente, existe la necesidad de un menor número de expertos con suficiente especialización en los fundamentos de la corrosión para investigar nuevos e inesperados problemas, hacer decisiones sobre ellos y actuar para mitigar los problemas. Estos expertos podrían primeramente orientarse a nuevos desafíos que no pueden ser manejados con los conocimientos o prácticas normales,enfrentan la necesidad de diferentes medios o condiciones, recubrimientos resistentes a la corrosión para reemplazar recubrimientos peligrosos o de extender la vida útil en condiciones de potencial corrosión, orientan investigaciones de laboratorio. Sin ellos los nuevos desafíos podrían no ser sobrellevados. Más tarde, estos expertos que son también educadores, son los responsables de enseñar a los futuros expertos.



**LA EDUCACION DE LOS PROFESIONALES**

Existen dos tipos de educación que normalmente participan en la formación de esta fuerza de trabajo, uno es la **formación basada en actitudes** y la otra es una **educación basada en el conocimiento.**

Los expertos de la industria y los gobiernos creen que estos dos elementos juegan papel importante en función del trabajo y de los resultados deseados. Muchas de las actividades relacionadas con la corrosión pueden ser desarrolladas por tecnólogos entrenados. La pirámide señalada en la figura capta el concepto de la necesidad de un número relativamente grande que apoye a la estructura y la infraestructura. Existen muchos tanques, puentes y muchos kilómetros de tuberías enterradas que requieren control, recubrimientos y protección catódica. En una gran empresa u organización. Los tecnólogos deberían ser entrenados también para fiscalizar la ejecución de tareas relacionadas con corrosión repetitivas y previsibles bajo entrenamiento en el trabajo o complementándose con cursos cortos o niveles asociados que ofrece un número limitado de universidades. Esta educación se centra en un conjunto definido de habilidades y responde a un conjunto de conocimientos de tipo general de condiciones que se repiten a menudo. Un tecnólogo en corrosión implementa prácticas estandarizadas, generalmente no importa los conocimientos básicos requeridos para aplicar un conjunto de conocimientos.

El conocimiento y la comprensión permiten a una persona analizar nuevos problemas y diseñar nuevas soluciones que se encuentran más allá de un catálogo de respuestas conocidas para problemas conocidos, por lo tanto al menos algunos de aquellos responsables del diseño, manufactura y la vida útil del producto debe estar familiarizado con los conceptos de los materiales y de la corrosión. El conocimiento basado en la educación se entrega normalmente a través de cursos y formación de nivel universitario. Los Ingenieros en general, dentro de su ejercicio que se orientan a hacer diseño, fabricación, procesamiento de componentes y equipos por lo general vienen de uno de los campos tradicionales de la Ingeniería como Química, Civil, Mecánica. Deben estar conscientes de los problemas potenciales de corrosión y ser capaces de reconocer la necesidad de un experto en corrosión. Tales Ingenieros se benefician de cursos electivos en corrosión y materiales, cursos cortos, aprendizaje a distancia. Muchos especialistas en corrosión aprenden a nivel de post grado y realizan su tesis de investigación en el ámbito universitario mientras que otros aprenden a través de una vida de experiencia en el puesto de trabajo en cursos de corta duración.

Existe un reporte realizado el 2001 sobre costos de corrosión y estrategias preventivas en los Estados Unidos determinan que los cambios tecnológicos con un amplio uso de las técnicas disponibles han perfeccionado el control de la corrosión, sin embargo una mejor administración de los principios puede ser alcanzado usando estrategias preventivas en áreas técnicas y no técnicas.

Aunque probablemente, existan muchas razones para que las estrategias planteadas no sean rutinariamente seguidas, se ha determinado que la **educación en corrosión** podría ser el paso más importante hacia el perfeccionamiento del control de la corrosión y su administración.

Los empleadores reconocen la necesidad de empleados con competencia en ingeniería de corrosión, pero son pocos los graduados con tal respaldo, su principal preocupación está sobre aquellos que hacen decisiones en el diseño “No conocen que ellos no conocen” sobre corrosión y esto pone en peligro la salud, riqueza, seguridad de la sociedad.

La fuerza de trabajo de la ingeniería debería tener un sólido conocimiento de las bases físicas y químicas de la corrosión, tanto como una comprensión de los principios de ingeniería que rodean la corrosión y su control.

Un estudio revela sin embargo que la ingeniería de corrosión no es un curso requerido en las mallas curriculares de planes de Ciencias de los Materiales e Ingeniería y otros campos relacionados, en muchos programas, Corrosión no solamente que no es una materia obligatoria, no está disponible. Como resultado la mayoría de egresados y graduados en materiales, diseño no disponen de un adecuado respaldo en los principios prácticos de la Corrosión.

Evidentemente, la disponibilidad de clases de Corrosión en las facultades de Ingeniería depende de la disponibilidad de profesionales para enseñar la materia. La disponibilidad de profesores se torna dependiente de la vitalidad de la investigación sobre corrosión en la comunidad científica y por lo tanto en el soporte disponible para tales investigaciones. Si la educación en Ingeniería de corrosión prolifera, la especialización en las universidades también incrementará, entonces las empresas estatales y la Industria estarán respaldadas desde la Universidad. Por otro lado, una inexistente o inadecuada educación en Ingeniería de Corrosión debe ser compensada por la industria y el gobierno a través de entrenamiento específico, cursos cortos a sus empleados o los contratos de servicio a consultores externos como sea requerido.

**EDUCACION EN CORROSIÓN**

La educación en corrosión desde el lado de la oferta plantea primero: que tipos de cursos se ofrecen a los estudiantes la corrosión, que comprensible es el tratamiento y Segundo Quien toma esos cursos? A nivel de pregrado. La corrosión se imparte en tres categorías de cursos.

***1.- Curso de Corrosión dedicado***

El primero y más comprensivo es el curso de corrosión dedicado que plantea de 40 a 45 horas de instrucción en clase, que también pueden ser tomados por los estudiantes iniciantes de post grado. Un plan típico cubre los principios termodinámicos y cinética de la corrosión, las formas de la corrosión metálica, la degradación medioambiental de no metales y las estrategias de protección contra la corrosión tales como recubrimientos, inhibidores, protección catódica. La cubertura es primeramente teórica basada en la teoría de la corrosión y principios electroquímicos.

EJEMPLO DE SILABO PROPUESTO (1)

****

EJEMLO DE SILABO PROPUESTO (1)

****

**PLAN MICROCURRICULAR CORROSION (4 CREDITOS/ 2ht+2hp/ 18 SEM. TOTAL 64 Horas)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 1 | **CORROSION Y FORMAS DE CORROSION** | * 1. Justificativos y Definición
 |
| * 1. Pilas y Micropilas
 |
| * 1. Diagramas de Pourbaix
 |
| * 1. Polarización y Despolarización
 |
| * 1. Corrosión General
 |
| * 1. Corrosión Localizada y sus Formas
 |
| * 1. Corrosión Microscópica y sus Formas
 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 2 | **MEDIDA Y EVALUACION DE LA CORROSION** | * 1. Expresiones de Medida en Diferentes Sistemas / Relaciones
 |
| * 1. Criterios de Protección y de Desgaste
 |
| * 1. Técnicas de Evaluación Directa
 |
| * 1. Conceptos de ensayos No Destructivos
 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 3 | **CONTROL DE LA CORROSION MEDIANTE VARIABLES DE PROCESO** | * 1. Conceptos Fundamentales y Factores de Análisis.
 |
| * 1. Análisis de constituyentes Principales e Impurezas
 |
| * 1. Otros Elementos de Análisis
 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 4 | **CONTROL DE LA CORROSION MEDIANTE SELECCIÓN DE MATERIALES** | * 1. Los materiales, los medios y las Condiciones
 |
| * 1. Requerimientos y Pasos de Selección
 |
| * 1. Normalización Internacional y Categorías de Material
 |
|  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 5 | **CONTROL DE LA CORROSION MEDIANTE RECUBRMIENTOS** | * 1. Principios Generales de Protección
 |
| * 1. Clasificación de los Recubrimientos
 |
| * 1. Pinturas y Cintas
 |
| * 1. Elementos de las Pinturas
 |
| * 1. Principios de Formación de Películas
 |
| * 1. Preparación de Superficies y Aplicación de Recubrimientos
 |
| * 1. Sistemas de Pintura
 |
| * 1. Calidad en los Recubrimientos
 |
|  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 6 | **CONTROL DE LA CORROSION MEDIANTE INHIBIDORES** | * 1. Generalidades y Principios de Funcionamiento
 |
| * 1. Clasificación de los Inhibidores
 |
| * 1. Dosificación y Problemas de Aplicación
 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 7 | **CONTROL DE LA CORROSION MEDIANTE PROTECCION CATODICA** | * 1. Celdas practicas de Corrosión
 |
| * 1. Funcionamiento del Sistema
 |
| * 1. Tipos de Protección Catódica
 |
| * 1. Principios equipos y Materiales
 |

**PLAN MICROCURRICULAR ELECTROQUIMICA (4 CREDITOS/ 2ht+2hp/ 18 SEM. TOTAL 64 Horas)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 1 | **ELECTROQUIMICA****IMPORTANCIA Y APLICACIONES** | * 1. Principios Fundamentales, Importancia
 |
| * 1. Aplicaciones Industriales
 |
| * 1. Sistemas y Relaciones entre Unidades
 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 2 | **LEYES DE FARADAY** | 2.1. Enunciados |
| 2.2. Conceptos |
| 2.3. Problemas |
| 2.4. Principios y Uso de los Coulumbimetros |
| 2.5. Tipos de Coulumbimetros |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 3 | **DISOCIACION Y CONDUCTANCIA ELECTROLITICA** | * 1. Principios de la Conducción Electrolítica
 |
| * 1. ELECTROLISIS: Teorías de Grotthus, Faraday, Arrhenius, Deficiencias en teorías clásicas, Teorías modernas Debye-Huckel
 |
| * 1. Conductancia Electrolítica
 |
| * 1. Conductancia Especifica
 |
| * 1. Conductancia Equivalente
 |
| * 1. Conductividad Molar
 |
| * 1. Movilidad Iónica Transferencia y Números de Transporte
 |
| * 1. Resistencia en electrolitos / Medida
 |
| * 1. Regla de Hittorf
 |
| * 1. Determinación de Números de Transporte
 |
|  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 4 | **CELDAS ELECTROQUIMICAS** | 4.1.Conceptos |
| 4.2.Reversibilidad e Irreversibilidad |
| 4.3.Fuerza Electromotriz |
| 4.4.Evaluacion de FEM y medida |
| 4.5.Nomenclatura y Análisis Termodinámico |
| 4.5.Celdas de Referencia |
| 4.6.Electrodos de Referencia |
| 4.7. Clasificación de Electrodos |
| 4.8. Clasificación de las Celdas |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELEMENTO** | **TEMA** | **SUBTEMA** |
| 5 | **CINETICA DE LOS PROCESOS EN LOS ELECTRODOS** | 5.1. Polarización; Conceptos, Tipos y Causas |
| 5.2. Tensión de Descomposición |
| 5.3. Descarga y Deposito |
| 5.4. Sobretensión |
| 5.5. Sobrevoltaje de Hidrogeno |
| 5.6. Separación Electrolítica de Metales |
| 5.7. Condición Física de los Depósitos |

**2.- Cursos de estudio que incluyen Corrosión**

Algunos programas de materias de pregrado en ciencias e ingeniería en general, y aún en algunos programas en ingeniería que no tratan materiales, ofrecen pero no exigen tal curso. Muchos programas proveen un curso con una visión general de la corrosión en las clases requeridas para todos los estudiantes. Como enfoque de esta categoría se trata de una introducción,típicamente esto sería una introducción a cursos de ciencias de los materiales o de su comportamiento mecánico, tomada por los campos de materiales, estudiantes de ingeniería química, civil y otros campos de la ingeniería.. Asumiendo que el estudiante atendió la conferencia, es probable que conozca algo, pero,un ingeniero graduado también debería tener acceso a informes referentes a corrosión, elaborados por un experto, y se permitirá hacer decisiones o llegar a conclusiones. Dicho Ingeniero probablemente no sería capaz de abordar de manera proactiva los problemas de corrosión específicos analizar fallas por corrosión encontradas en el trabajo.

**3.- Curso superior de diseño**

Se considera que el tipo de curso donde los estudiantes ganan un poco de expectativas sobre la corrosión es el curso de diseño de alto nivel. Aquí el estudiante espera sintetizar los conocimientos adquiridos en muchos diferentes cursos para poder enfrentar a un problema de diseño particular. Por ejemplo aquel curso de ingeniería de los materiales, podría ser enfocado para la selección de los materiales adecuados para aplicaciones específicas, de modo que el estudiante tendría que considerar el impacto de la corrosión junto con muchos otros factores que son base para la comprensión del fenómeno.

Aunque el tema de este análisis es Corrosión, es notorio que algunos conocimientos en Electroquímica y Corrosión son impartidos en las clases de química de los primeros años, un curso adecuado sería ofrecido más bien al final de la carrera estudiantil. Así se consolidan temas claves que los profesores esperan que los estudiantes han recopilado en un programa interdisciplinario pre diseñado de la carrera sintetizando el conocimiento en la aplicación.

**Análisis**

Desafortunadamente, mientras estas tres categorías de educación en corrosión están disponibles en algunas universidades, muchos estudiantes, particularmente aquellos de los campos de la Ingeniería y ciencias de los materiales, probablemente se gradúan sin una exposición formal a la corrosión como ciencia o Ingeniería. Esto explica la limitada habilidad en el campo de la corrosión que mantienen los estudiantes en el inicio de su actividad profesional.

*Dada la enorme importancia financiera y estratégica de la corrosión, como ya se ha discutido antes, no es posible que una gran cantidad de Ingenieros se gradúen con tan poco conocimiento sobre corrosión*, la respuesta se encuentra en el creciente número de temas de competencia que los egresados deben dominar. Como la Ingeniería se convierte en un creciente mundo complejo e interdisciplinario, existe una constante presión para añadir permanentemente material fresco al plan de estudios incluyendo cursos sobre nuevas herramientas que conducen a una comprensión más profunda de todos materiales, manteniendo cargas de cursos con 120 a 128 créditos. Ejemplo de tales cursos son herramientas computacionales para modelado y visualización de procesos, desde Adhesión hasta la formación de estructuras en procesos macroscópicos). Esta presión viene desde diferentes partes interesadas como: estudiantes que quieren ser competitivos para el trabajo o para admisión en niveles de post grado, miembros de la facultad que creen sinceramente que un estudiante bien formado debe dominar una parte razonable de su especialidad y también de los empresarios empleadores, que esperan de los nuevos graduados un profesional versado en lo más moderno de la Ingeniería.La mayoría de profesores de Ingeniería reconocen que los programas ya están saturados y aceptan que los nuevos temas se van a agregar, los viejos deben ser eliminados o diluidos.

La formación en corrosión tiende a no tener éxito de cara a estas presiones a pesar de su importancia, la corrosión no es nueva, algunos consideran la corrosión como ciencia o ingeniería debe estar a la vanguardia. La sola idea de la corrosión puede ser desagradable para estudiantes que sienten que deben aprender de nuevas tecnologías con el potencial para cambiar el mundo..

**LA OFERTA EN CORROSION**

Se desarrolló un cuestionario sobre la oferta a los estudiantes interesados de un curso dedicado a la corrosión como una asignatura. De las escuelas que no ofrecieron un curso dedicado en la corrosión, un 33%de ellos colocaron la prioridad más alta en otros temas mientras un 17% declaró que su institución no tenía a nadie con la formación apropiada para enseñar un curso de corrosión especializado. Los otros consideran que la cobertura de corrosión proporcionada como parte de otros cursos era suficiente. En otras palabras, pareció al grupo investigador que comúnmente no se piensa que la educación de corrosión es un componente crucial de la educación profesional de un ingeniero.



Fuente: Assessment of Corrosion Education http://www.nap.edu/catalog/12560.html

En una institución superior que considera la corrosión, el curso de tal materia de pregrado se ha ampliado para incluir las pilas de corrosión y las pilas de combustible para atraer a estudiantes. Sin embargo, sólo alrededor del 8%,5% y 12% ingenieros mecánicos, civiles y químicos, respectivamente, tomaron este curso según los datos sobre la matriculación en los cursos de la corrosión en la Universidad de California enBerkeley para los años 2007 y 2008. Se esperaría de estas estadísticas para reflejar un mejor escenario, dada la fortaleza de la instrucción de corrosión en estas escuelas. Uno sólo puede concluir que son pocos los ingenieros universitarios que toman clases de corrosión, incluso cuando los buenoscursos están disponibles.



La investigación reporta sobre dos excepciones a la tendencia en el nivel de no graduados. KILGORE COLLEGE ofrece un grado asociado de ciencia aplicada en tecnología de corrosión, con énfasis en aplicaciones de la industria del petróleo, en adición, la Universidad de AKRON en colaboración con NACE, mantiene una especialidad en Ingeniería de corrosión.

Para evaluar la demanda de expertos en corrosión, se investigó a nivel de agencias industriales y de gobierno, cuyos miembros representan un amplio espectro de organizaciones que emplean Ingenieros. Pocos empleadores mencionan ninguna necesidad de técnicos de corrosión con cualquier nivel. En cambio, la mayoría de ellos valoran a empleados con esos niveles que dispongan de amplia experiencia en el lugar de trabajo, de tal manera que podrían abordar una variedad de proyectos y tareas. Los empleadores, expresaron más preocupación por la falta de conocimientos fundamentales (por ejemplo termodinámica) que por la falta de conocimiento en la corrosión entre sus ingenieros de nivel base. La preocupación general es que en muchas ocasiones estas personas tomaron y toman decisiones de diseño sin darse cuenta de que no conocían nada de corrosión. Los empleadores parecen esperar de todos sus ingenieros el hacer las decisiones de selección de materiales y diseños para la exposición aceptable a la corrosión.

Una mayor atención a los programas de posgrado que enfatizan la ciencia y la ingeniería de la corrosión podría aumentar la oferta de profesores capaces de instituir programas de corrosión.

**EDUCACION EN CORROSION PARA GRADUADOS**

La educación de postgrado en MaterialsScience and Engineering (MSE) es actualmente la forma más directapara producir especialistas en corrosión, los que están en la parte superior de la pirámide laboral de corrosión: Estos especialistas, a juicio de los analistas son los Ingenieros que pueden utilizar los fundamentos de la ciencia de la corrosión y la Ingeniería para hacer frente a dificultades y los problemas de corrosión fuera de los común y para desarrollar en el campo mediante la creación de nuevos conocimientos , nuevas técnicas e instrumentación. La educación de post grado MSE, se ofrece principalmente en los departamentos de MSE, pero también a veces en grupos de corrosión o centros dentro de un departamento de Ingeniería mecánica o Química.

La demanda de los empleadores para estos estudiantes después de graduarse viene de la academia, el gobierno y la gran industria, sobre todo porque nuevos materiales pueden ser cruciales en la tarea de cualquiera de ellos, particularmente en industrias de alta tecnología como motores de aviones, plantas de energía nuclear. De mayor interés según este estudio es que muchas de esas industrias buscan niveles de Master o phD que tengan alguna experiencia en corrosión. Uno de los retos para el sistema de educación de postgrado en corrosión es producir ingenieros con suficientes fundamentos técnicos y suficientes buenas habilidades de evaluación y comunicación a fin de que puedan contribuir en forma inmediata a la industria u organización que los contrata. A pesar de que puedan carecer de experiencia específica para ese empleador. A la luz de estas consideraciones, cuál es el número de estudiantes Master y phD suficientes?

De acuerdo a las opiniones transmitidas a los investigadores durante los paneles convocados, las grandes organizaciones industriales y gubernamentales necesitan de aproximadamente 1 de cada 50 de sus ingenieros que sea entendido sobre corrosión con el objeto de armar un equipo eficaz. En ausencia de tal experiencia un consultor experto debe ser traído de fuera.

Estos empleadores reportan que las personas con esta preparación suelen ser capaces de hacer contribuciones sustanciales a la labor de la empresa de inmediato, pero también hay quienes deben pasar sus 2 o 3 primeros años en la organización, integrando sus habilidades y conocimientos con la cultura del negocio, operaciones y áreasde aplicación técnica de su empleador. Una alternativa a la contratación de personas con grados avanzados en la corrosión es cultivarlos internamente. Otros enfoques son contratar a expertos de corrosión experimentados de otras empresas o utilizar consultores o equipos de investigación por contrato para resolver problemas y hacer frente a los nuevos retos que se presenten. Ninguno de estos enfoques es tan eficaz como la contratación de un especialista en corrosión joven o con experiencia, ya que se estima que podría tomar más de 5 años para desarrollar un especialista en corrosión.

El grupo de investigación estima que actualmente 19 o menos especialistas en corrosión se gradúan cada año en los Estados Unidos en las instituciones de post grado.

Durante el transcurso de este estudio, el Comité se enteró de que muchas personas creen que el número de profesores a la corrosión en los Estados Unidos está disminuyendo. Entre las 31 universidades que respondieron al cuestionario de la Comisión, de 15 de los 26 que responden a la pregunta, dijo que considerarían contratar a un miembro de la facultad, cuyo enfoque técnico es la corrosión. De los departamentos restantes, sólo 2 (de 26) citaron insuficiencia de fondos de investigación como el factor decisivo para no contratarlo, y el resto dijo que otros temas tenían mayor prioridad. Sin embargo, sólo el 12,5 por ciento de aquellosque consideran la contratación de nuevos profesores de corrosión, podrían llenar un vacío de nueva creación con las instalaciones necesarias destinadas a la contratación de un profesor especialista en corrosión. Otras respuestas fueron las siguientes: Podríamos considerar un candidato si el mismo es competitivo con los candidatos de otras especialidades. No tenemos una posición específica reservada para estudios de corrosión, El candidato debe tener experiencia en materiales, no sólo en corrosión,se debería tomar en cuenta que si su trabajo implica también las aplicaciones de la electroquímica para la producción de energía. De aquellos que no se consideran contratar a un miembro con tal facultad, el 91 por ciento dijo que otros temas tienen mayor prioridad y el 9 por ciento dijo que la limitada disponibilidad de fondos para la investigación fue la razón. Otra evidencia de esta tendencia provino de jefes de departamento universitario MSE entrevistados por el comité. La mayoría reveló que en la facultad al retirarse un especialista en la corrosión probablemente no sería reemplazado por colegas más jóvenes.

**EDUCACION CONTINUA EN CORROSIÓN**

Aquellos Ingenieros de la parte superior de la pirámide de fuerza de trabajo en corrosión, especialistas que tienen MS o Doctorado en corrosión típicamente no necesitarían participar en educación continua. Excepto posiblemente para aprender una nueva técnica o refrescar su conocimiento en áreas en que típicamente no aplica.como cuando se mueve a una área técnica diferente.

Los Ingenieros en la parte central de la pirámide, aquellos con título en ingeniería pero sin muchos conocimientos en corrosión,pueden aprender sobre corrosión en el lugar de trabajo a través de cursos cortos patrocinados por el empleador que enseñan habilidades técnicas y conocimientos básicos. Algunos empleadores contratan expertos en corrosión.

De otra forma, cuando se enfrentan a problemas de corrosión complejos, mantienen un contrato con consultores de tecnología que a su vez emplean especialistas en corrosión. Esta tendencia se produce con mayor frecuencia en pequeñas o medianas organizaciones, donde los empleados se valoran por su capacidad de realizar muchas tareas multidisciplinarias. Tales empleadores a menudo contratan a Ingenieros capaces jóvenes que pueden obtener mayor competencia a través de la formación en el puesto de trabajo en el diseño en la corrosión, en la mitigación, en la prevención y control completando una formación continua con el tiempo y los recursos.

Este enfoque puede ayudar a una empresa u organización estatal a producir su propio grupo de ingenieros con conocimientos de corrosión y en algunos casos con mayor y más amplia educación basada en el conocimiento, incluso puede producir especialistas. Otro enfoque para aumentar el conocimiento de corrosión podría implicar, cursos cortos externos o cursillos internos. La primera implicaría gastos de viaje, estadía adicional para alguien asistir a clases en sitios remotos. Las oportunidades de aprendizaje ofrecidas internamente, nominalmente 1 o 2 segmentos de 2 horas durante la semana normal de trabajo pueden incluir cursos a distancia en la empresa o el aprendizaje en línea, con los empleados dejando de cumplir con una buena parte de sus funciones de trabajo.

La formación continua en este caso incluiría típicamente de 3 a 10 años de formación y entrenamiento combinado con cursos cortos y posiblemente se obtenga un producto útil para las Universidades.

Una desventaja de este enfoque es que aunque estos empleados emergerían con buenas habilidades, probablemente tendrían algunas lagunas en los conocimientos fundamentales en comparación con los formados universitarios graduados educados tradicionalmente. Es evidente que la duración del ciclo de formación en el puesto de trabajo depende fundamentalmente de la capacidad de la persona y la disponibilidad de mentores experimentados y calificados, así como la complejidad científica o técnica de las asignaciones de trabajo. Una organización podría considerar el patrocinio a un empleado como estudiante a tiempo completo o a tiempo parcial para ganar un grado académico avanzado.

La pirámide de la fuerza de trabajodemuestra que la base ideal del equipo de corrosión es un grupo de tecnólogos consientes de los efectos de la corrosión y enterados de la corrosión, este segmento de fuerza laboral incluye mantenedores, tecnólogos y algunos compradores, encargados de operación, funcionarios de mantenimiento aunque con mínimo dominio, requieren conocimiento. Para este segmento la educación continua en forma de capacitación informal en el sitio de trabajo y cursos cortos formales es una manera económicamente efectiva para desarrollar empleados más efectivos, productivos. y competentes. En particular puede ser útil para los trabajadores que realizan tareas rutinarias y repetitivas.

Otra de las razones para ofrecer cursos a los tecnólogos,es para conseguir su calificación y certificación. Un certificado expedido por un tercero independiente y conocedor demuestra que un trabajador está capacitado para llevar a cabo un procedimiento en particular (preparación de superficie, aplicación de recubrimientos, o revestimientos, protección catódica) o para inspeccionar los sistemas o componentes para comprobar la integridad de sistemas de pintado, forrado por ejemplo. La realización del trabajo en este sector de la fuerza de trabajo puede ser mejorado cuando estos empleados tienen una mejor comprensión del impacto de la corrosión y su fundamento. Ellos serán capaces de identificar la corrosión y de forma proactiva evitar que se degrade el rendimiento y la durabilidad del sistema en particular o pieza de equipo que están dando mantenimiento.

A causa de que los cursos cortos son un elemento esencial en la educación continua, se han analizado algunos con costo entre 100 a 3800 dólares, dependiendo de su duración, y de la institución que las administra. Estos cursos de corta duración se imparten principalmente por tres tipos de organizaciones; sociedades profesionales, Instituciones de educación superior y compañías privadas. Los tópicos varían desde básico a fundamental hasta especializados de nivel superior. La corrosión es también cubierta en algunos cursos cortos en el contexto de diseño de componentes por ejemplo

Los cursos de corrosión cubren lo siguiente

* Cursos de introducción que presentan una visión general de la corrosión y su importancia para la sociedad.
* Los mecanismos de corrosión, incluyendo electroquímica, picaduras y grietas sus aspectos termodinámicos y cinéticos
* Clases específicas de materiales que abarca tanto la selección de los materiales como los mecanismos de corrosión y las condiciones.
* Control de corrosión mediante protección catódica y anódica, uso de recubrimientos, detección de la corrosión, monitoreo de la corrosión
* temas específicos por sector tales como militar, ductos, automotriz, aviación.

En la opinión de especialistas, algo aprendido de cursos cortos, es beneficioso, no es tan profundo como el aprendizaje de un plan de estudios de educación de corrosión riguroso que enseña ciencia básica, ingeniería, y matemáticas y da a un ingeniero las habilidades intelectuales para realizar tareas complejas, crear nuevos materiales y procesos innovadores, y solucionar problemas difíciles que permiten el control y la mitigación de la corrosión.

**CONCLUSION Y RECOMENDACIONES**

De los análisis realizados por los estudios, se concluye que: los niveles actuales y efectividad de los programas de corrosión ofertados en nivel universitario o en base de entrenamiento en la actividad del trabajo no proveen un marco de dominio como para permitir reducir sustancialmente los costos causados por la corrosión o para incrementar la seguridad y confiabilidad de la infraestructura de las naciones. En adición, se concluye que porciones proactivas en el control de corrosión no garantizan a los ingenieros jóvenes y tecnólogos con suficiente comprensión de la corrosión.

 Para realzar el conocimiento de corrosión en base de experiencia y base fundamentos para ingenieros, se recomienda que la educación requiere ser revitalizada mediante:

Estrategias tendientes a reforzar una educación en Ingeniería de Corrosión, la industria y las agencias de gobierno deberían:

* *Incrementar de la percepción de los grandes costos de la corrosión y los potenciales ahorros por su control. (estimado posible entre 25 a 30% del total).*
* *Cambio de la equivocada concepción de que nada se puede hacer con relación a la corrosión.*
* Incentivar cuerpos reguladores y soportar investigaciones y desarrollo técnico en el campo de trabajo de la corrosión como ciencia e ingeniería.
* Proveer incentivos a las universidades para promover cátedras en control de corrosión y facilitar contratación de expertos por parte de las Universidades.
* Facilitar los escenarios y la periódica actualización de los objetivos de aprendizaje en cursos de corrosión mediante publicaciones y difusión de experiencias desarrolladas por técnicos e ingenieros.
* Financiar el desarrollo de módulos para cursos de corrosión.
* Apoyar el desarrollo de las aptitudes, facilitando oportunidades para pasantías y períodos sabáticos, apoyando programas corporativos entre universidades y laboratorios del gobierno para facilitar la experiencia en investigación del graduado.
* Incrementar el soporte para la participación de ingenieros en cursos cortos en base de identificación de requerimientos específicos que puedan ser adquiridos en poco tiempo.

REFERENCIAS:

1. **Assessment of Corrosion Education/**Committee on Assessing Corrosion Education, National Research Council. (2008)

**2**. Economic effects of metallic corrosion in the United States. A report to the Congress by the National Bureau of Standars. NBS Special Publication 511-1 US Government Printing Office, Washington (1978).

**3. INTRODUCTION TO CORROSION PREVENTION AND CONTROL**/ P.J. Gellings / University of Twente, Enschede, the Netherlands (Ed.2005)

4. George F Hays, PE **Now is the Time World Corrosion Organization, Director General**