

LOS PROBLEMAS DE DISEÑO ANTICORROSIVO: FACTORES DESENCADENANTES DE LA CORROSIÓN EN CONDICIONES CLIMATICAS DE CUBA.

Autores:

Dr. Carlos A. Echeverría Lage.

Ing. Mayrén Echeverría Boán.

Ing. Carlos Alberto Echeverría Boán.

Ing. Juan E. Rodríguez Beltrán.

Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos. Universidad de Matanzas.

RESUMEN

El crecimiento acelerado de la industria turística ubicada en lo fundamental en zonas de muy alta y extrema agresividad corrosiva unido a la introducción de las construcciones metálicas en hoteles, aeropuertos y otras instalaciones, para favorecer la rápida puesta en funcionamiento y el ahorro de recursos, ha provocado un incremento de las pérdidas por corrosión, donde se destacan además las relacionadas con los equipos del transporte.

Al estudiar las causas de estos deterioros a partir del diagnóstico técnico, el empleo de la fotografía digital, la medición ultrasónica de espesor de recubrimientos y de espesor de los materiales metálicos, se obtienen resultados que apuntan al diseño anticorrosivo.

Se demuestra por tanto que uno de los factores fundamentales de estos deterioros son los problemas de diseño anticorrosivo, factores desencadenantes de la corrosión y limitantes de la protección anticorrosiva y la conservación.

Palabras claves: Diseño anticorrosivo, construcciones metálicas, transporte, corrosión atmosférica, aerosol marino.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la industria turística en el último decenio, ha provocado un incremento en el mantenimiento de las instalaciones, en particular, la actividad de mantenimiento vinculada a la protección anticorrosiva de equipos y estructuras metálicas.

Para toda la costa norte y cayería norte, la agresividad corrosiva imperante se clasifica de muy alta a extrema, provocando el deterioro prematuro de los materiales metálicos y sus sistemas de protección.

Coincidentemente con el desarrollo de esta industria, y para favorecer la rápida puesta en funcionamiento de las instalaciones y el ahorro de recursos, se han introducido de forma apreciable las construcciones metálicas, con tecnologías foráneas, no todas ellas probadas en nuestras condiciones.

Se encuentran dentro de los factores que favorecen los efectos corrosivos los problemas de diseño mecánico en estructuras metálicas, las insuficiencias en la preparación de superficies, la inadecuada protección con recubrimiento de pintura, la falta de medidas de conservación y la insuficiente preparación del personal encargado de esta actividad de mantenimiento y su organización, entre otros factores, sin embargo, se pretende profundizar en el presente trabajo sobre la incidencia del diseño anticorrosivo en la corrosión y protección, a partir de la experiencia práctica y la investigación desarrollada en esta temática.

Se plantea por tanto que para minimizar la corrosión y los gastos de mantenimiento en protección anticorrosiva, se requiere aumentar la exigencia en el diseño anticorrosivo y su control desde la etapa del proyecto, para disminuir los efectos de los contaminantes sobre las superficies metálicas, mejorar la preparación previa de la superficie, aumentar la eficiencia de los sistemas de protección con pintura y favorecer la aplicación de métodos de conservación.

DESARROLLO

1. El Diseño anticorrosivo y la corrosión.

Al elaborar un proyecto de protección anticorrosiva con pinturas, de acuerdo con las Normas ISO (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8), la etapa de selección de los problemas de diseño constituye un paso precedente importante a la preparación previa de la superficie metálica, la cual estará en función de la agresividad corrosiva de la atmósfera y del nivel de corrosividad del acero, es decir, a medida que aumente la categoría de corrosión, aumentará la exigencia en cuanto a la preparación de la superficie metálica.

La determinación de la agresividad corrosiva de la atmósfera, de no disponerse de datos de mapas de agresividad confiables, es necesario proceder al estudio correspondiente de campo, para lo cual hay que aplicar las Normas ISO (9, 10, 11 y 12).

En las condiciones climáticas de Cuba, producto de la alta humedad relativa y de la presencia del aerosol marino, se crean las condiciones para la existencia de pilas de corrosión locales y con ello la corrosión perforante, existiendo resultados de evaluaciones realizadas en la provincia de Matanzas, donde se demuestra que los efectos de esta corrosión se manifiestan en 1,5 años como promedio (13).

Uno de los tipos de corrosión más frecuentes en los automóviles, es la corrosión en los resquicios, conocida también como corrosión intersticial, la que viene agravada por el hecho de que retiene la humedad mucho más tiempo que el resto de la superficie, que se seca rápidamente, pues el aire circula libremente (14).

Estos resquicios o intersticios, se producen casi invariablemente en las uniones entre planchas metálicas, en los refuerzos de la carrocería y puntos de fijación diversos, donde la corrosión empieza tan pronto como la humedad penetra en ellos.

En las normas internacionales de diseño anticorrosivo, estos defectos no son permitidos, pues son causas de corrosión perforante (3).

Se plantea además en ellas, que las superficies de las estructuras de acero expuestas a los agentes corrosivos deberían ser pequeñas en extensión. La estructura debería tener el número más pequeño posible de irregularidades (por ejemplo, superposiciones, esquinas, bordes). Las uniones deberían haber sido realizadas preferiblemente mediante soldadura, en vez de atornilladas o ribeteadas, para conseguir la superficie más uniforme posible. Las soldaduras discontinuas y por puntos se deberían usar solamente cuando los riesgos de corrosión sean insignificantes (3).

De lo expuesto anteriormente, que es de obligatorio cumplimiento para los países que suscriben las Normas ISO, se deriva que en las zonas turísticas, se debe ser extremadamente riguroso con la observancia en el cumplimiento de estas normas internacionales, lo que no se observa en la práctica en todos los casos a partir de las experiencias de trabajo con este sector. (17)

Los componentes que se encuentren en riesgo de sufrir corrosión y sean inaccesibles después del montaje deberían, bien fabricarse a partir de materiales resistentes a la corrosión, o bien tener un sistema de pintura protector que debe ser efectivo a lo largo del tiempo en servicio de la estructura. Como alternativa debería considerarse una tolerancia a la corrosión (acero de mayor espesor).

A criterio de algunos especialistas, la corrosión puede prevenirse mejor cuidando pequeños detalles en el diseño que seleccionando los materiales más resistentes. (18).

Para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones y equipos, hay que consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular las Normas ISO 12944-1 (1), ISO 12944-3 (3), ISO 12944-5 (5) y la ISO 12944-8 (8). Estas normas en su conjunto, establecen los criterios básicos de diseño que tienen que cumplirse para prevenir la corrosión, que analizaremos seguidamente por tipo de problema de diseño.

Seguidamente se analizan los diferentes problemas de diseño anticorrosivo, con imágenes tomadas de la práctica, durante los trabajos de protección de equipos e instalaciones.

2. Principales problemas de diseño anticorrosivo. Causas y efectos.

Seguidamente se aborda para cada tipo de problema de diseño anticorrosivo reconocido en la Norma ISO (3), sus características, causas y efectos en la corrosión y protección de los materiales metálicos, equipos e instalaciones.

Todos los ejemplos son reales, pero no se identifican con las instalaciones y equipos a que pertenecen para cumplir con la ética de los consultores en corrosión y protección.

1. Accesibilidad.

La accesibilidad que resulta de interés para el presente trabajo, es la accesibilidad de las herramientas y accesorios que se emplean en la protección anticorrosiva, mediante las labores de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos de pintura, entre otras técnicas de protección. En este caso la separación entre

partes o estructuras, no puede ser menor de 50 mm de ancho y mayores de 100 mm en profundidad.

Se analiza seguidamente mediante ejemplos prácticos mostrados en las imágenes, donde no se cumple la accesibilidad a las herramientas y accesorios.



Figura No 1. Área inaccesible entre dos vigas canales. Por el espacio reducido que no cumple las normas, no es posible ejecutar las labores de protección anticorrosiva, quedando esta área desprotegida y expuesta a la acción del ambiente.



Fig. No 2. Cartabones paralelos sobre base soldada con separación inferior a los 50 mm que es el límite inferior que se establece por las normas. Se observa como el interior no se encuentra protegido.

Observe que en estos dos casos no hay solución para el problema de accesibilidad que se presenta y la única variante es el sellado del área inaccesible para convertirla en un componente hueco, mucho más protegido de la acción del ambiente.



Fig. No 3. Como se observa en la figura, se tienen dos vigas de sección rectangular huecas paralelas con espacio insuficiente, por lo cual no es posible realizar una buena preparación de superficie y posterior aplicación del recubrimiento.



Fig. 4. Área cerrada inaccesible, donde no pueden ser aplicados recubrimientos de pintura y donde debe garantizarse una protección por el tiempo de vida físico del equipo.



Fig. 5. Accesibilidad. Las bóvedas son áreas difíciles de preparar y mantener su sistema de pintura, por lo que hay que incrementar las medidas de protección, ya que está área no esta protegida por el tiempo de vida de la estructura.



Fig. 6. Accesibilidad. Está es un área de difícil preparación superficial, además de facilitar la acumulación de depósitos y agua, por lo que hay que incrementar las medidas de protección.

Los componentes que se encuentren en riesgo de sufrir corrosión y sean inaccesibles después del montaje deberían, bien fabricarse a partir de materiales resistentes a la corrosión, o bien tener un sistema de pintura protector que debe ser efectivo a lo largo del tiempo en servicio de la estructura. Como alternativa debería considerarse una tolerancia a la corrosión (acero de mayor espesor).

2. Tratamiento de orificios.

Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad. La corrosión de este tipo debería normalmente evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debería rellenarse con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones.




En la Figura No 7 Se observa como vigas huecas de sección cuadrada tienen un orificio que facilita la penetración de la humedad el agua y el aerosol marino, entre otros contaminantes y no tiene además drenaje.



Fig. No. 8. Unión solapada con perno sin sellado y sin pintura interior, que origina un orificio que favorece la acumulación de humedad y contaminantes y con el ello el desarrollo de celdas de concentración.



| | |
|---|---|
| <p>En la Fig. No 9. Se puede observar claramente como se producen orificios por una unión solapada con soldadura discontinua que facilita la penetración de la humedad en esta estructura cuadrada, que ya presenta deterioro desde el interior no protegido.</p> | <p>Fig. No 10. Unión solapada con soldadura por puntos y unión solapada con pernos. Ambas no se pintaron previamente y no se aplicó un recubrimiento. Se observa claramente la aparición de corrosión intersticial y celdas de aereación diferencial.</p> |
|  | |
| <p>Fig. No 11. Se observa claramente como se producen orificios por una unión solapada con pernos que facilita la penetración de la humedad.</p> | <p>Fig. No 12. Orificios estrechos sin sellado. Todos estos orificios originan la condensación de humedad, la acumulación de depósitos y por consiguiente la aparición de la corrosión localizada</p> |

3. Prevención de la corrosión galvánica.

Cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales. La velocidad de corrosión depende, entre otros factores, de la diferencia de potencial entre los dos metales conectados, sus áreas relativas y la naturaleza y período de acción del electrolito. (19, 20)

En la Figura No 9 anterior, se puede observar claramente la unión del marco de aluminio anodizado y pintado (parte inferior izquierda), con la estructura de acero sin aislamiento y con deterioro por corrosión.

Si el diseño es tal que el par galvánico no puede evitarse, las superficies en contacto deberían estar aisladas eléctricamente, por ejemplo pintando las superficies de ambos metales. Si solo es posible pintar uno de los metales adyacentes a la unión, se debe pintar, si es posible, el metal más noble.

4. Entallas.

Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deberían tener un radio mínimo de 50 mm, para permitir la preparación adecuada de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.

5. Refuerzos.

Cuando se requieran refuerzos, por ejemplo entre un alma y una pestaña, es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debería permitir la retención de depósitos, ni agua y debe permitir el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.



Fig. No. 13. Observe los refuerzos con retención de depósitos y agua, causa del deterioro por corrosión.



Fig. No. 14. Refuerzos con retención de depósitos y agua sin drenajes en la cama de un camión.

6. Manipulación, transporte y montaje.

Durante la etapa de diseño, deberían considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, debería prestarse atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación. Debería considerarse la necesidad de prever mordazas para sostener los componentes durante su manipulación y transporte, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector durante el transporte, las elevaciones y las operaciones a pie de obra, por ejemplo: soldeo, corte y lijado.

Es conveniente considerar en el diseño la protección, tanto temporal como permanente, frente a la corrosión de los puntos de conexión entre secciones prefabricadas.



Fig. No 15. Mala manipulación de la estructura una vez elaborada, lo cual provocó el deterioro del recubrimiento de pintura.



Fig. No 16. Golpes mecánicos durante los trabajos de mantenimiento que causan la destrucción de los recubrimientos de pintura, que además no fueron reparados.

7. Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.

Deberían evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y que puedan de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador debería también tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidables austeníticos, o ferríticos, que puedan provocar la corrosión de estos últimos. Las precauciones apropiadas para conseguir estos objetivos son:

- a) Los diseños con superficies inclinadas o biseladas.
- b) La eliminación de secciones abiertas en la parte superior o su colocación en posición inclinada.
- c) La supresión de cavidades y huecos en los que puede quedar retenida el agua y la suciedad.
- d) El drenaje de agua y líquidos corrosivos lejos de la estructura.



Fig. No. 17. Cavity where water and contaminants are retained and due to oxidation the glass breaks.



Fig. No. 18. Poor design, where water and contaminants are retained, without a drainage hole.



Fig. 19. Retention of deposits and water. Observe the deterioration that originates the accumulation of deposits and water due to poor design and anticorrosive treatment.



Fig. 20. Retention of deposits and water. Observe the deterioration that originates the accumulation of deposits and water due to poor drainage and anticorrosive treatment.

Hay que considerar además que en aquellos casos donde tenga lugar la acumulación de agua, hay que practicar orificios de drenaje de no existir algunas de las alternativas anteriores.

8. Bordes.

Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos. Las capas protectoras en los bordes agudos son más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o

biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse.



Fig. No. 21. Superficie sin inclinación ni drenaje donde se queda retenida el agua.



Fig. No. 22. Zona de acumulación y depósitos, con efectos de bordes que favorecen el deterioro del recubrimiento.

9. Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.

Las soldaduras deberían estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector.



Fig. No 23 Aplicación inadecuada de la soldadura (soldadura discontinua), por lo cual se facilitó la penetración de la humedad y la acumulación de los contaminantes causantes de la corrosión.



Fig. 24. Soldadura discontinua que favorece la acumulación de agua y contaminantes y formación de intersticios, donde no son fácilmente aplicables los recubrimientos.

10. Conexiones con pernos.

Conexiones precargadas. Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados. Pernos, tuercas y arandelas. Los pernos, las tuercas y las arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura.

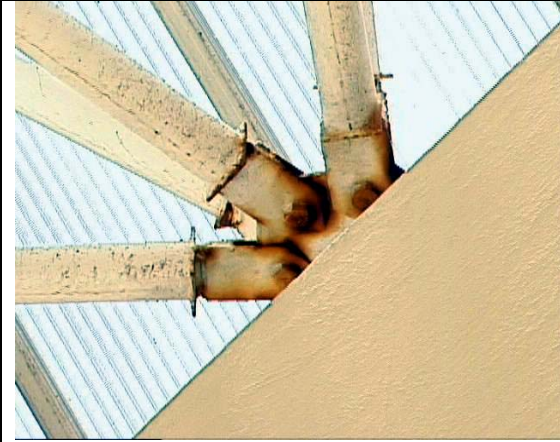


Fig. No. 25. Conexión con perno, donde no se aplicó una protección anterior.



Fig. No. 26. Conexión con perno sin protección. Hay problema de accesibilidad.

11. Áreas cerradas y componentes huecos.

Dado que las áreas cerradas (interior accesible) y los componentes huecos (interior inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica, constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación.

Las áreas cerradas y los componentes huecos que estén expuestos a la humedad superficial, deben estar provistos de aberturas de drenaje y estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión.

En la generalidad de los casos, no se toman medidas por el interior de los componentes huecos y las áreas cerradas donde progresa constantemente la corrosión en las condiciones climáticas y de agresividad existentes en Cuba. Esta situación se agrava si previamente se han sometido las estructuras a la acción del ambiente, contaminándose las superficies interiores.



Fig. No. 27. Viga de sección rectangular hueca perforada por la corrosión desde el interior de la misma.



Fig. No. 28. Perfiles de sección cuadrada huecos sin ser sellados y sin protección interior.

Cuando existen áreas cerradas o componentes huecos, estos deben ser protegidos interiormente por el tiempo de vida de la instalación o de lo contrario establecer un método de protección efectivo.



Fig. No 29. Observe la medición del espesor de pared de un perfil cuadrado hueco (área inaccesible), que tiene un espesor nominal de 7 mm. Como se aprecia, ha perdido 2.67 mm de espesor, fundamentalmente por la corrosión desde el interior.

Fig. No 30. Componente hueco sellado con acumulación de humedad. Observe el avance de la corrosión desde el interior de la estructura, que no está protegida interiormente.

La situación con las áreas cerradas (áreas accesibles), es similar a la de los componentes huecos, ya que en las mismas se aplican pocas medidas de protección y por tanto la corrosión progresa desde el interior de estas áreas cerradas.

Conclusiones.

La solución a esta problemática, tiene que necesariamente abordar:

1. En primer término, todas las medidas que se apliquen para una protección efectiva, deben llevar implícito disminuir los efectos de los contaminantes sobre las superficies metálicas internas no protegidas adecuadamente en nuestras condiciones. La contaminación de las estructuras metálicas no protegidas, durante la transportación, elaboración y montaje, contribuye a los problemas de corrosión y protección.
2. La solución a los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que se presentan requiere de un conocimiento de los mismos y de su interrelación con

los problemas de corrosión y los métodos de protección que deben ser aplicados.

3. La solución a los problemas de diseño anticorrosivo, conlleva sin lugar a dudas a un aumento de la eficiencia de los sistemas de protección con pintura, que parten de una buena preparación previa de la superficie metálica, además de organizar las actividades de mantenimiento y elevar la preparación del personal encargado de esta actividad, sobre la base de una disciplina basada en el control de la calidad de la actividad que realizan.
4. En las condiciones climáticas de Cuba, y fundamentalmente en el interior de áreas cerradas y componentes huecos, sobre todo en estructuras contaminadas, los efectos de la corrosión son de consideración y por tanto deben ser objeto de una atención especial.
5. Las áreas inaccesibles no permiten la preparación de superficie ni la aplicación de recubrimientos de pinturas, una posible solución en muchos casos es convertirla en un componente hueco con protección interior con acceso sellado.
6. Los componentes huecos al igual que las áreas cerradas, tienen que ser protegidos por el tiempo de vida de la estructura, de lo contrario hay que aplicar otros métodos de protección no basados en las pinturas, ya que estas áreas no pueden ser preparadas convenientemente.
7. Todos los problemas de acumulación de depósitos y agua tienen que ser eliminados, bien mediante la realización de drenajes o mediante relleno de la superficie de forma tal que facilite la evacuación del agua y los depósitos mediante el lavado.
8. Se observan cordones de soldadura irregulares, lo cual crea la formación de crestas o valles, que favorecen el fallo de los recubrimientos de pintura y dificultan la preparación de la superficie.
9. La solución, requiere de un tratamiento y propuesta de solución particular en cada caso.

Referencias Bibliográficas

1. ISO 12944 – 1: 1998. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.
2. ISO 12944 – 2: 1998. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Clasification of environments.
3. ISO 12944 – 3: 1998. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Design considerations.
4. ISO 12944 – 4: 1998. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Types of surface preparations.
5. ISO 12944 – 5: 1998. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Protective paint systems.
6. ISO 12944 – 6: 1998. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Laboratory performance test methods.
7. ISO 12944 – 7: 1998. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Execution and supervision of paint work.
8. ISO 12944 – 8: 1998. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Development of specifications for new work and maintenance.
9. ISO 9226. Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres. Determination of corrosion rate of standard specimens for evaluation of corrosivity, 1992.
10. ISO 8565. Metals and alloys – Atmospheric corrosion testing – General requirements for field tests, 1992.
11. ISO 8407. Corrosion of metals and alloys – Removal of corrosion products from corrosion test specimens, 1991.
12. ISO 9223. Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Classification, 1992.
13. Echeverría, C. y otros. Estudio de la corrosión atmosférica en la provincia de Matanzas. 1ers Conferencia de Ciencias Técnicas. UCLV, 1981.
14. Feliú S. La corrosión y la protección del automóvil. Revista Iberoamericana de Corrosión y Protección, Dic 1986, Vol XVII, No 4, 1986. p 251.
15. Domínguez, JA... et al. Introducción a la corrosión y protección de metales. Edición ENPES. MES. La Habana, 1987. 484 p.
16. Echeverría C. Influencia de la corrosión atmosférica en la industria azucarera cubana. Autor. Revista Centro Azúcar, No 3/2000/83.
17. Echeverría, C. Echeverría, M. Echeverría CA. y col. 2004. El Deterioro por Corrosión de Instalaciones Turísticas. Retos Turísticos (CU).

18. Bilurbina Alter, Luis., Iribarren Laco, Jose Ignacio. Diseño de equipos e instalaciones. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL. © Edicions UPC, 2002. ISBN: 84-8301-584-6
19. Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión. José Antonio González Hernández y Col. Editado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España 1984. 684 p. I.S.B.N. 84-00-05670-1
20. Introducción a la corrosión y protección de metales. Jorge A. Domínguez... et al. Edición ENPES. MES. La Habana, 1987. 484 p.