

# SITUACIÓN AMBIENTAL CUBANA: UN PROYECTO PARA LA ENSEÑANZA INTERACTIVA

**Ramón Ariel Quesada García**

*Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría", CUJAE, Marianao, Ciudad de la Habana, Cuba. Correo Electrónico: [arielq@tesla.ispjae.edu.cu](mailto:arielq@tesla.ispjae.edu.cu)*

## RESUMEN

El Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba, publicó en 1999 el Informe: "Situación Ambiental Cubana 1998", tomando en consideración los principales problemas que aparecen en la Estrategia Ambiental Nacional.

Ese informe se recomienda en esta ponencia como herramienta para la enseñanza activa, utilizando el método de los casos en carreras universitarias de pregrado tales como: Arquitectura, Ingeniería Civil, Ingeniería Química, etc.

La problemática principal del caso trata sobre la importancia relativa de los problemas ambientales que ocurren en Cuba seleccionados por los estudiantes en orden de prioridad, con criterios que necesitan de un serio análisis de cada uno de dichos problemas.

## ABSTRACT

The Cuban Science, Technology and Environment Ministry published in 1999 the report: "Environmental Cuban Situation 1998" taking into account the main problems that appears in the National Estrategy for Environment.

This report is recommended in this paper as a tool for active teaching using the case method in undergraduate university fields as: Arquitecture, Civil Engineer, Chemical Engineer, etc.

The main issue of the case deals about the relative importance of the environmental problems that arise in Cuba selected by the students in priority order, needing for that decission a serious analysis of each of these environmental problems.

## INTRODUCCIÓN:

La introducción de la dimensión ambiental dentro de los planes de estudio de las carreras universitarias compromete a todos los profesores y estudiantes de este nivel de enseñanza, ya que, siendo el hombre el principal objeto y sujeto de los problemas ambientales, la cultura ambiental se convierte en una necesidad imperiosa e impostergable para toda la población.

Cuba ha introducido importantes cambios en la política ambiental, que incrementan su capacidad para encarar de manera responsable y sostenida esos problemas. Dentro de estos cambios se destacan: (2)

- La modificación de la constitución en 1992, que incorpora a nuestra Ley Fundamental el concepto de Desarrollo Sostenible.
- La creación del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) en 1994.
- La elaboración e implementación de una Estrategia Ambiental Nacional en 1997, de la cual se derivan estrategias territoriales y sectoriales.
- La aprobación en 1997 de la Ley 81 del Medio Ambiente.

Por otra parte, la didáctica moderna como herramienta del proceso de enseñanza aprendizaje, debe jugar un papel decisivo en el desarrollo de la cultura ambiental y dentro de ella los Métodos Activos de Enseñanza se ajustan muy bien a los objetivos de poner a disposición del hombre los conocimientos

abarcados por la cultura ambiental y especialmente aquellos de carácter aplicado, como son los abarcados en el análisis de la situación ambiental de las diferentes naciones, en cuyo caso la enseñanza activa permite: la manipulación de hechos dentro de un contexto general, el vínculo de ideas de carácter general con eventos específicos de la experiencia de los educandos y la utilidad del conocimiento, cuando se adquiere en situaciones de aplicación a problemas concretos.

Este trabajo tiene como objetivo principal, dar a conocer la situación ambiental cubana en el nivel universitario, utilizando el Estudio de Casos como Método Activo de Enseñanza. Para ello toma como base un importante informe elaborado por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) en 1999: "Situación Ambiental Cubana 1998".

El trabajo del autor consiste en adaptar el contenido del informe a las exigencias metodológicas del Estudio de Casos, que serán descritas a continuación y poner a disposición de la universidades cubanas un recurso didáctico que permita conocer y analizar de manera más eficiente la situación ambiental cubana actual, como parte de la cultura ambiental nacional.

## TEXTO DEL TRABAJO

### ***El Estudio de Casos como Herramienta de los Métodos Activos:***

#### **Enfoque de la Enseñanza y el Aprendizaje Activos:**

Por décadas han coexistido dos modelos de educación (5):

El enfoque de enseñanza centrado por el profesor, basado en la idea de enseñar como equivalente de decir (con la transferencia de información como objetivo principal).

Características:

- Transferencia de información de un experto (el profesor) hacia los aprendices (estudiantes).
- El profesor controla algunos elementos críticos del proceso, tales como: programa, paso y secuencia, modo de presentación, etc.
- La información se transfiere en una dirección, desde el profesor a los alumnos o viceversa (con énfasis en el primer sentido).
- Hay poca o no existe interacción entre los estudiantes.

El enfoque de enseñanza activa: basado en la idea de que los estudiantes tienen que estar activamente implicados en el proceso de enseñanza.

Otros nombres de este enfoque: enseñanza autodirigida, educación centrada por los alumnos, educación humanística, educación progresiva, etc.

Características:

- Profesores y estudiantes trabajando como colegas.
- Los estudiantes incidiendo en la transformación del contenido, dirección y paso de las clases.
- Los estudiantes articulando y desarrollando ideas.
- Existe una significativa e importante interacción entre los estudiantes, intercambiando en la toma de decisiones (discusión en la clase).

Objeciones al enfoque de enseñanza centrado por el profesor:

- Cuando la conferencia es el modo de enseñanza dominante, los estudiantes olvidan tanto como el 50% del contenido del curso dentro de pocos meses.
- Este modelo tradicional implica que el objetivo final de la educación es la transferencia de información. Las conferencias son métodos eficientes de transferencia de información, pero si el fin

de la educación está más allá de la transferencia de información, las conferencias tienen un valor limitado.

Según la visión del enfoque de enseñanza activa:

- La enseñanza consiste en comprometer a los estudiantes en la construcción activa del conocimiento.
- La enseñanza es un acto cooperativo más que competitivo.
- Los estudiantes no son recipientes pasivos del conocimiento de otros. En el aprendizaje activo ellos se transforman en constructores activos del conocimiento suyo y del de los demás.
- El conocimiento tiene que construirse y los estudiantes tienen que participar activamente en su construcción.
- El valor principal que los estudiantes toman del aprendizaje no es el conocimiento de la asignatura sino su disposición para aprender.

### **Estudio de Casos un Método Activo de Enseñanza:**

El empleo del Estudio de Casos (Case Method en la literatura inglesa) como parte de la enseñanza activa, permite a los aprendices: participar en la discusión del análisis y solución de problemas prácticos relevantes, aplicar la teoría en la práctica en sustitución del aprendizaje memorístico, aprender haciendo y enseñando a otros, etc.

La tecnología del estudio de Casos ha sido utilizada desde hace casi un siglo por la Harvard Business School, que se considera la pionera en su empleo y actualmente se ha extendido a otras universidades en todo el mundo, que la utilizan exitosamente en una amplia variedad de disciplinas.

Actualmente existen Centros de Distribución de Casos en el mundo, dentro de los cuales pueden mencionarse: The European Case Clearing House, Harvard Business School, Richard Ivey School of Business, la Darden School of Business Administration, etc.

Al mismo tiempo han surgido en los últimos quince años importantes organizaciones de carácter mundial y regional dedicadas a la investigación uso y divulgación del Estudio de Casos tales como: WACRA (World Association for Case Method Research and Applications) y las correspondientes organizaciones regionales de Estados Unidos (NACRA), República Checa (CZACRA), etc.

La incorporación de América Latina a esta tecnología moderna de enseñanza aprendizaje es aun insuficiente y se requiere de los esfuerzos de especialistas de la docencia universitaria en romper con el esquema clásico informativo de la conferencia que prevalece en los sistemas de enseñanza, sin que favorezca la toma de decisiones y la creatividad de los aprendices para pasar a una enseñanza participativa interactiva.

Dos definiciones de Caso de Estudio permiten apreciar su alcance:

“Un caso (7) es una descripción de una situación existente en hecho o realidad, que comunmente se vincula a una decisión, reto, oportunidad o problemática confrontada por una persona o grupos de personas, en una organización. El caso le permite adentrarse de manera figurada en la posición de un específico tomador de decisiones”

“Un caso (6) es un aspecto de la vida trasladado a la sala de clases”

Estas dos definiciones, consideradas como “casos formales”, son ampliadas por otros autores que introducen el concepto de “quasi caso” o “caso no formal” y amplían las posibilidades de su uso:

El diseño de un caso formal, requiere de una tecnología relativamente compleja abordada por varios autores (1), (3) (4).

Los casos no formales generalmente contienen la información recogida en informes, ejercicios prácticos, artículos o notas publicadas en la prensa escrita, etc. y son modificados y adaptados para su empleo con la tecnología del método de los casos.

El caso no formal que se presenta en este trabajo, es el producto de la transformación realizada por el autor del informe "Situación Ambiental Cubana 1998" elaborado por el CITMA.

El autor concede especial importancia a estas aplicaciones, pues permiten introducir la tecnología del método de los casos en instituciones docentes, tomando como base trabajos de carácter práctico utilizados de antemano por las asignaturas sin un enfoque interactivo.

### Principios de la tecnología de aplicación del Estudio de Casos:

Después de seleccionado o diseñado el caso (sea formal o no formal), es necesario estudiar su grado de dificultad, que tiene una incidencia directa en el tiempo necesario para su discusión en la sala de clases. El grado de dificultad de los casos se establece (7), por una medida que fluctúa entre 1 y 3 en cada una de tres dimensiones: analítica, conceptual y de presentación (Figura 1). Estas tres dimensiones definen un cubo espacial que se denomina "cubo de dificultad" y las tres dimensiones se expresan como coordenadas espaciales donde:

X: se corresponde con la dimensión analítica

Y: se corresponde con la dimensión conceptual.

Z: se corresponde con la dimensión presentación.

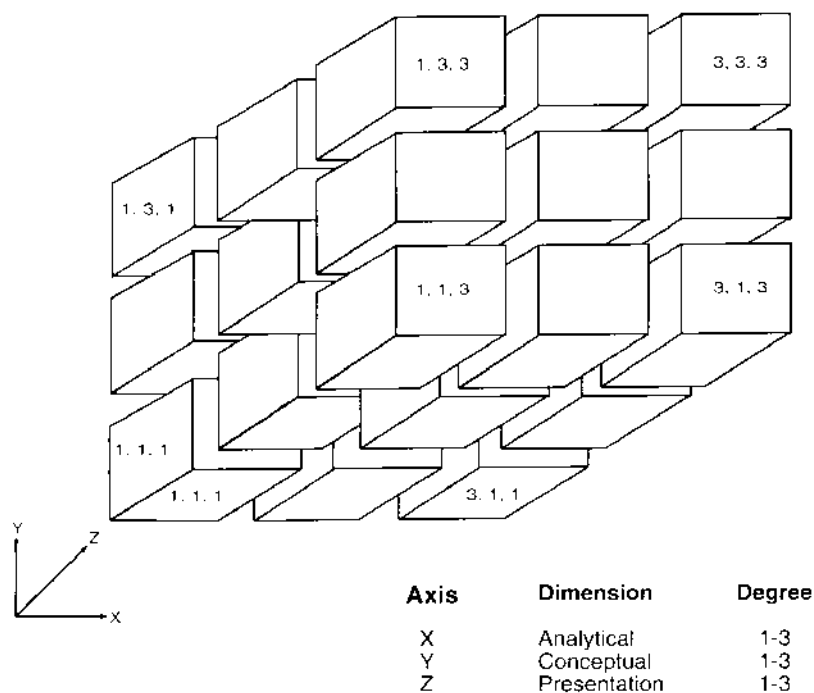


Figura 1.- El Cubo de Dificultad del Caso. Tomado de (7).

De acuerdo con las tres dimensiones del Cubo de Dificultad, este caso debe clasificarse de la siguiente forma:

#### Dimensión Analítica (X):

Responde a la pregunta: ¿Cuál es la tarea del que resuelve el caso en relación con la decisión principal o problemática del caso?

1. La problemática se encuentra planteada.
2. Se consideran las alternativas.
3. Se conoce el criterio de decisión usado.
4. Se conoce la decisión final tomada.

Primer grado de dificultad analítica: se conocen 1, 2, 3 y 4. La tarea de los participantes está en decidir si la decisión tomada fue apropiada y el proceso seguido para tomarla es correcto.

Segundo grado de dificultad analítica: se conocen 1, 2 y 3. La tarea de los participantes está en analizar la situación, generar alternativas adicionales, evaluar todas las iniciativas y tomar la decisión final para el caso.

Tercer grado de dificultad analítica: se desconocen otros elementos además de la decisión final del caso. La tarea de los participantes radica en analizar la situación, evaluar si una o más decisiones deben ser tomadas, qué alternativas deben ser consideradas, qué criterio de decisión debe aplicarse, qué alternativa es preferible y cómo debe ser implementada.

#### Dimensión Conceptual (Y):

Responde a la pregunta: ¿Qué teorías, conceptos o técnicas pueden ser útiles en la comprensión y/o la resolución de la situación planteada en el caso?

1. ¿Cuán difíciles son los conceptos o teorías que se utilizan en sí mismos?
2. Número de conceptos que tienen que utilizarse simultáneamente para la solución del caso.

Primer grado de dificultad conceptual: si los participantes pueden entender el texto del caso con una lectura cuidadosa y si se introducen uno o dos conceptos simples.

Segundo y tercer grados de dificultad conceptual: los conceptos son complejos y requieren de la explicación y discusión en clase. En algunas ocasiones requieren de conferencias y sesiones de problemas para su comprensión.

#### Dimensión Presentación (Z):

Responde a la pregunta: ¿En la información que tengo a mi disposición, qué es realmente importante y relevante y qué información no aparece. Los grados de dificultad se definen en función de que el caso pueda ser comprendido rápidamente y la información relevante se encuentre asequible fácilmente.

Primer grado de dificultad presentación: poca información, bien organizada, contiene casi toda la información relevante, contiene poca información extraña, se presenta en un formato simple casi siempre escrito.

Segundo y tercer grados de dificultad en presentación: la poca información se transforma en mucha, lo bien organizado se convierte en mal organizado, la información disponible y relevante se transforma en información relevante ausente, poca información extraña se convierte en mucha información extraña, el

formato simple corrientemente escrito se convierte en formatos múltiples: escritos, más vídeos, más base de datos u otros.

Después de asignado el caso a los aprendices, su solución debe conducirse como un proceso donde aparecen tres estadios:

1. Preparación individual
2. Discusión en pequeños grupos
3. Discusión con todo el grupo de clase

Cada uno de estos estadios es vital para el aprendizaje efectivo y contribuye de diferente forma a maximizar la cantidad y calidad del aprendizaje (Figura 2).

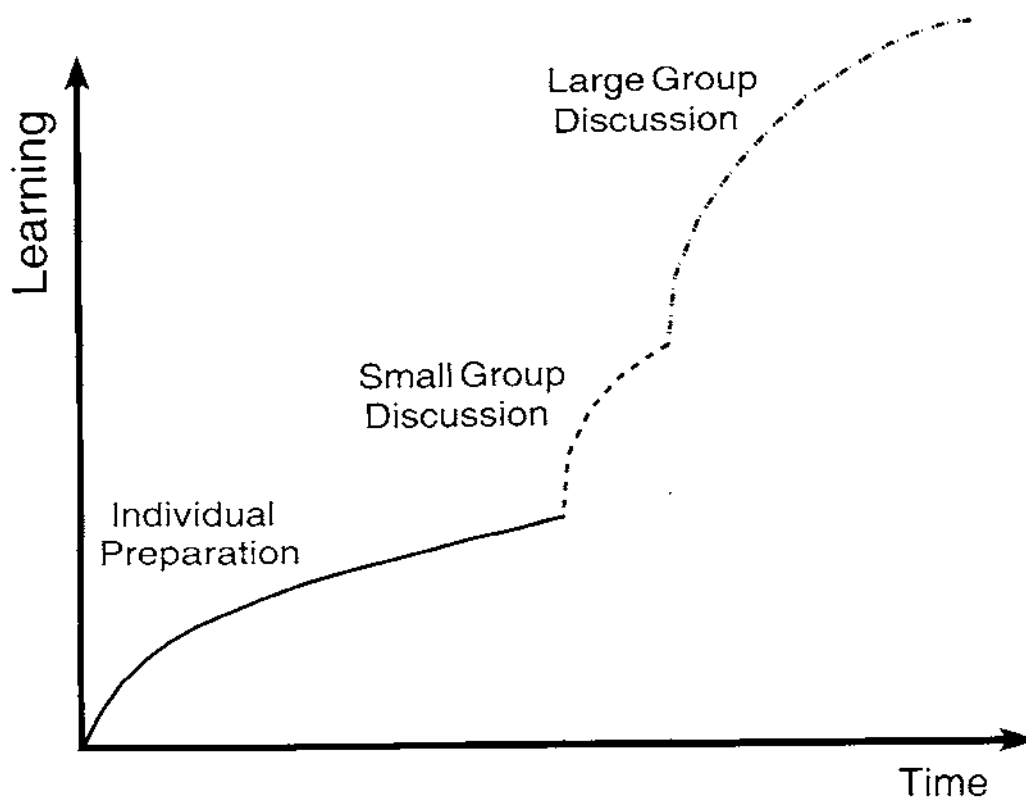


Figura 2. Estadios del proceso de aprendizaje. Tomado de (7)

Principales características de la preparación individual:

Los aprendices: Asumen el rol y la responsabilidad de un tomador de decisiones en el caso y resolverán las problemáticas en una confrontación consigo mismo (los criterios asumidos son individuales).

Principales características de la discusión en pequeños grupos:

- Este tipo de discusión conlleva a la participación activa de todos los miembros del grupo y es una oportunidad para chequear con otros las consideraciones establecidas de forma individual en el estadio anterior, clarificar interpretaciones y dar a conocer posiciones individuales relacionadas con la solución del caso.
- Se ganan habilidades en técnicas de comunicación grupal como: hablar, escuchar, definir criterios, etc., dado que todos participan en este tipo de discusión. Debe acotarse que este tipo de discusión no se hace para solucionar el caso en el pequeño grupo, no para adecuar las soluciones individuales a un criterio común, sino, se trata de un esfuerzo que nos permite comprender mejor la solución del caso, sin que necesariamente se modifiquen nuestras decisiones individuales.

Principales características de la discusión con todo el grupo de clases:

- Se alcanza un nivel de comprensión del caso que no es posible alcanzar con el trabajo individual y en pequeños grupos. Obsérvese el salto en el aprendizaje que se aprecia en la Figura 2 asociado a este estadio.
- Es una actividad en la cual los aprendices comienzan a ser evaluados.

### **Caso no Formal: "La Situación Ambiental Cubana 1998"**

(Resumen tomado del Informe del mismo nombre editado por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba en 1999)

#### **RECURSOS NATURALES:**

##### **Clima:**

Situación Nacional:

- Mayor influencia de los efectos del evento: El Niño Oscilación del Sur (ENOS). En los años 1996 y 1997 se presentó el ENOS más intenso del presente siglo.
- Ulterior proceso de disminución de la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico.
- Incremento de la temperatura superficial del aire (el año 1997 fue el más cálido en Cuba desde 1951)
- Mayor frecuencia de eventos de sequías severas (los meses de abril a junio de 1998 fueron los de sequía más intensa desde 1941).
- Aumento de la proporción de totales de lluvias en invierno (caso del invierno 1997.1998).
- Ulterior recuperación progresiva de la lluvia e incremento de la actividad ciclónica.

##### **Calidad de la Atmósfera.**

Situación Nacional:

- El nitrógeno y azufre a escala regional mantienen niveles propios de lugares no afectados por fuentes de contaminación importantes.
- A escala local, hay zonas seriamente comprometidas (Moa, Mariel, Nuevitas, Nicaro, Santa Cruz del Norte y Ciudad de la Habana) sin posibilidades reales para su evaluación y control.
- El Ozono Superficial (O<sub>3</sub>) presenta concentraciones elevadas de 120 microgramos de O<sub>3</sub> por metro cúbico, desde octubre hasta marzo, trayendo daños para los cultivos (el nivel dañino se considera a partir de 70 microgramos de O<sub>3</sub> por metro cúbico).
- Existe tendencia al incremento de frecuencia de las lluvias ácidas (se acentúa entre 1989 y 1995). Este es el principal problema de la calidad de la atmósfera en el nivel regional.
- Los mayores valores de lluvias ácidas aparecen en zonas con importantes emisiones antropogénicas de precursores de la acidez (tramo costero Mariel-Varadero, Santa Clara, Cienfuegos, Nuevitas y zona minero metalúrgica del norte oriental).
- Las reducciones necesarias estimadas en las emisiones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> para lograr niveles de acidez de lluvia cercanos a los naturales, oscilan desde 30% hasta 80-100% para zonas influidas por las emisiones (Mariel, Ciudad de la Habana y zona minero metalúrgica del norte oriental).





- El monitoreo de la calidad del aire ha presentado serias dificultades en los últimos años.

### **Cobertura de Agua Potable:**

#### **Situación Nacional:**

- En 1997 el 97,9% de la población urbana poseía servicio de agua potable y el sector rural poseía el 75% de cobertura.
- En el sector urbano existe 30% de cobertura con servicio deficiente.
- Aun existen 689,6 miles de personas sin acceso adecuado al agua potable, principalmente en zonas rurales de la región oriental.

### **Calidad del Agua Potable:**

#### **Situación Nacional:**

- Serios problemas en la calidad del agua suministrada a la población por condiciones de operación y mantenimiento de los sistemas, dificultades en la adquisición de productos químicos para el tratamiento y equipos y repuestos para las instalaciones existentes.
- Además inciden otros factores en la baja calidad del agua, tales como: mal estado técnico de las redes de distribución, servicio discontinuo del agua, roturas ocasionales de equipos de bombeo y dosificación de cloro, acumulación de sedimentos en líneas y posible penetración de aguas contaminadas en las tuberías vacías a través de los salideros, lo cual se agrava en muchos casos por mala calidad sanitaria de depósitos y cisternas dentro de las viviendas.
- Al cierre de 1997, el albañal evacuado ascendía a 588 millones de metros cúbicos y de este volumen, sólo el 17% recibe algún tipo de tratamiento, el resto se vierte sin tratamiento al suelo, cursos de agua y zonas costeras, lo que constituye un serio problema ambiental.

### **Contaminación de Aguas Terrestres y Marinas.**

#### **Situación Nacional:**

- Los cuerpos fluviales y zonas marino-costeras son afectados por los problemas de cobertura de saneamiento y se convierten en receptores de residuales crudos o parcialmente tratados.
- Las principales zonas receptoras afectadas son las franjas costeras (especialmente bahías), donde se han producido importantes afectaciones a la pesca de plataforma.
- Los organismos de mayor incidencia por sus volúmenes son: MINAGRI, MINAZ, MINBAS, MINAL Y PODER POPULAR. Hay otro gran grupo con menores volúmenes pero con una situación similar.

### **Recurso Suelos.**

#### **Situación Nacional:**

- La degradación de los suelos es uno de los cuatro problemas ambientales más importantes.
- El 76,8% de los suelos tienen afectadas su potencial por procesos de erosión, salinidad, acidez, mal drenaje y otras condiciones físico químicas que conducen a una paulatina desertificación.
- El mal manejo de los suelos es la causa principal de los procesos de degradación.
- Las provincias con suelos menos productivos son: Pinar del Río, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo.

### **Recursos Forestales.**

#### **Situación Nacional:**

- Actualmente el 21% del territorio nacional se encuentra cubierto de bosques. El área forestal potencial es aproximadamente el 28% del territorio nacional.
- Existe un programa de reforestación nacional que ha presentado deficiencias tales como: una inadecuada selección de especies y de sitios para las plantaciones, bajos niveles de supervivencia y en diversidad de especies.



### **Cuencas Hidrográficas.**

#### **Situación Nacional:**

- Abarcan territorios en 11 provincias y se estima que en ellas vive el 40% de la población y se desarrolla cerca del 60% de la actividad económica fundamental del país.
- Los problemas ambientales más comunes que presentan son: deforestación, degradación de los suelos y contaminación.

### **Diversidad Biológica.**

#### **Situación Nacional:**

- Como en otros países en desarrollo ha declinado en diferentes regiones, debido a la modificación de los hábitats naturales en sistemas agrícolas, forestales, la industrialización y el crecimiento urbano.
- En Cuba existe una alta diversidad de especies debido a la diversidad de ecosistemas y paisajes.
- Los principales efectos que amenazan la diversidad biológica son: afectaciones en hábitats/ecosistemas/paisajes, sobreexplotación de especies, contaminación de suelos, agua y aire, invasión o introducción de especies y la erosión de los suelos.
- Para evitar en lo posible la desaparición de especies es necesario identificar y ubicar geográficamente las especies que están afectadas por la acción antrópica o natural.

### **Recursos Costeros y Marinos.**

#### **Situación Nacional:**

- Nuestras costas constituyen un elemento fundamental en el Programa de Desarrollo de las Inversiones Turísticas.
- Las costas rocosas, debido a su altura, son las menos afectadas por la continua elevación del nivel del mar asociada a los Cambios Climáticos Globales.
- Las playas están sometidas a un moderado proceso de erosión provocado por el déficit en las fuentes naturales de arena ya a la continua elevación del nivel del mar. El dragado de arena para la construcción y la ubicación de instalaciones en primera línea de playa, ha acelerado en muchos casos este proceso.
- Los manglares (4,8% del territorio nacional y el 26% de la superficie boscosa del país) juegan un papel fundamental en la protección de las tierras litorales, aminorando el efecto erosivo de oleajes, mareas y tormentas y constituyen además la única barrera funcional que impide la salinización progresiva hacia los territorios agrícolas.
- Se estima que más del 30% de los manglares existentes en Cuba han sido dañados. Entre las causas antrópicas se señalan: contaminación producida por las industrias, agricultura, asentamientos temporales de las obras en construcción, construcciones sobre el manglar, construcción de obras que limitan o modifican los flujos de aguas, etc.
- Los arrecifes coralinos, manglares y pastos marinos ubicados al sur de las provincias centrales y occidentales se encuentran en buen estado de conservación.
- El desarrollo acelerado del turismo en la cayería ha provocado daños al ecosistema marino. La construcción de obras que alteran el régimen natural de circulación de las aguas elevan la salinidad y afectan la flora y fauna marinas.
- Se elabora un instrumento jurídico para la protección de la zona costera.

## **INSTRUMENTOS PARA EL CONTROL Y LA GESTIÓN AMBIENTAL.**

### **Educación Ambiental.**

- Desarrollo de una cultura ambiental en la población como condición básica para el tránsito hacia el desarrollo sostenible.
- Desde 1997 Cuba cuenta con una Estrategia Nacional de Educación Ambiental (ENEA).

- Se consideran sectores claves: Ministerio de Educación , Ministerio de Educación Superior, Ministerio de Cultura, Instituto Nacional de Deportes Educación Física y Recreación, Instituto Cubano de Radio y Televisión, Unión de Jóvenes Comunistas, Federación de Mujeres Cubanas y Comités de Defensa de la Revolución.
- Se desarrollan campañas nacionales en torno al tema ambiental, programas como parte de los planes de manejo de las áreas protegidas y protección de las cuencas hidrográficas, además de proyectos desarrollados por los organismos de la administración central del estado.
- Existen también proyectos conjuntos con organizaciones internacionales y ONGs.

### **Áreas Protegidas.**

- Es un eslabón para garantizar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.
- El sistema abarca 275 unidades (22% del territorio nacional) de las cuales 80 se consideran de significación nacional (APSN) donde se encuentran incluidos 14 parques nacionales, 22 reservas ecológicas y 4 reservas de biosfera.

### **Inspección Ambiental Estatal.**

- Esta actividad se ha fortalecido progresivamente.
- Las principales deficiencias identificadas en los procesos de inspección son: ausencia o insuficiencia en los sistemas de tratamiento y disposición de los residuales líquidos de los asentamientos humanos y las entidades de producción, los que además, por lo general, no cuentan con un sistema de control y monitoreo de sus efluentes, dificultad con la calidad del abasto de agua potable en algunos asentamientos poblacionales y centros industriales, desconocimiento de la legislación ambiental vigente, regulaciones y normas técnicas, básicamente en los dirigentes y funcionarios, no se hace uso y aprovechamiento racional de los recursos naturales, referido fundamentalmente a agua y energía, no se incluye en los planes técnico económicos de las entidades indicadores medioambientales desglosados, lo que dificulta el control de su ejecución, dificultades con el manejo y la disposición de los desechos sólidos(no se hace un adecuado aprovechamiento de las potencialidades de rehusos y reciclaje).

### **Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.**

- Ha existido un incremento constante asociado al proceso inversionista del país.
- Los organismos de mayor incidencia en el proceso son: Ministerio de Turismo, Ministerio de la Industria Básica y Ministerio de Agricultura.
- Aún la Licencia Ambiental no se ve como un instrumento de trabajo para el que ejecuta la obra o la opera.
- Se debe trabajar aún más en el control de las medidas de las Licencias Ambientales otorgadas, para verificar que se cumplan y sobre el control de la inversiones que se inician sin disponer de licencia.

### **Programas Científico-Técnicos.**

- La estrategia ambiental es abordada por un grupo de proyectos de investigación e innovación tecnológica.
- Dentro de estos programas se destacan: Los Cambios Globales y la Evaluación del Medio Ambiente Cubano y el de Desarrollo Sostenible de la Montaña.

### **ASPECTOS A DEBATIR DURANTE EL PROCESO DE DISCUSIÓN.**

1. Analice de manera independiente dentro de los datos y criterios que aparecen en el informe vinculados con los recursos naturales: clima, calidad de la atmósfera, recursos hídricos, recurso

- suelos, recursos forestales, cuencas hidrográficas, diversidad biológica y recursos costeros y marinos:
- El problema de mayor urgencia de solución en cada caso.
  - Su incidencia económica y/o social.
  - Las vías a corto y largo plazo para su solución.
- Proponga y justifique cuáles son a su juicio en orden de prioridad, los tres problemas ambientales de mayor urgencia de solución en nuestro país.
  - Determine el alcance de cada uno de los instrumentos para el control y la gestión ambiental, para la solución de los problemas ambientales relacionados anteriormente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bédard, M.G., et al. (1991): "La Méthode des Cas". Gaetan Morin Éditeur, ISBN 2-89105-408-3, Canada.
- CITMA (Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente). (1999): "Situación Ambiental Cubana 1998". CIGEA (Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental) , ISBN 959-7136-03-, Cuba.
- Culliton, J. W. (1973): "Handbook on Case Writing". Asian Institute of Management. Philippines.
- Christensen, C.R., et al. (1989): "Teaching and the Case Method". Harvard Business School Press, ISBN 0-87584-178-3, U.S.A.
- Christensen, C. R., et al. (1991): "Education for Judgment". Harvard Business School Press, ISBN 0-87584-365-4, U.S.A.
- Hafsi, J. (1999): "Escritura de Casos: un Arte y un Proceso". WACRA Press, España.
- Mauffette-Leendeers, L.A., et al. (1999): "Learning With Cases". Richard Ivey School of Business, ISBN 0-7714-1969-4, Canada.

## MAESTRÍA DE GEOFÍSICA APLICADA, EN EL ISPJAE, MENCIÓN EN PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE FÍSICO. UN NUEVO ENFOQUE.

**José Rodríguez Pérez**

*Departamento de Geociencias del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (ISPJAE)-  
Calle 127 s/n Apartado Postal 6028, CP 19390, Marianao, Ciudad Habana, Cuba.  
Email.: [jrdguez@civil.ispjae.edu.cu](mailto:jrdguez@civil.ispjae.edu.cu); [jsrpd@lettera.net](mailto:jsrpd@lettera.net)*

### RESUMEN

Basándose en el programa de la Maestría de Geofísica Aplicada del Departamento de Geociencias del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” se fundamenta el inicio de una nueva edición del mismo, dedicado a la protección del medio ambiente físico. Este programa esta avalado por una experiencia de 10 años de impartición y cuenta con el reconocimiento de ser el único programa de la rama de las Geociencias hasta ahora acreditado por la Junta de Acreditación Nacional. El mismo se ha diseñado con un enfoque novedoso en la forma de su impartición.

En el trabajo luego de la caracterización general de la maestría se pasa a describir las particularidades de la mención que se pretende iniciar, durante el primer semestre del 2001, así como las novedades del método de su impartición. Entre los aspectos más sobresalientes tratados están:

- La reducción del tiempo, dedicado a la impartición de materias, frente al profesor.
- El incremento del tiempo asignado al trabajo individual y la autopreparación del cursista.
- La disminución de la duración de los encuentros de un mes a una semana.
- El incremento del desarrollo de habilidades investigativas.
- La utilización de los NTIC en el desarrollo de las actividades docentes e investigativas.

Se espera que a esta nueva edición de la Maestría de Geofísica Aplicada concorra un selecto grupo de especialistas, de diferentes instituciones del país interesados en elevar su calificación científico-técnica en la esfera de la protección del medio ambiente físico.

### ABSTRACT

Based on the program of the Master of Applied Geophysics of the Department of Geosciences of the High Polytechnic Institute “Jose Antonio Echeverría” is announced the beginning of a new edition dedicated to the protection of the physical environment. This program is endorsed by a ten years experience and it has the recognition of to be the only program of the branch of the Geosciences credited by the National Council of Accreditation. This edition has been designed with a novel focus in the form of their impartition. In the work after the general characterization of the master spends to describe the particularities of the mention that seeks to begin, during the first semester of the 2001, as well as the novelties of the method of their impartition. Among the aspects treaties there are:

- The reduction of the time, dedicated to the teaching matters, in front of the professor.
- The increment of the time assigned to the individual work and the self-preparation of the student.
- The decrease of the duration of the encounters of one month to one week.
- The increment of the development of investigative abilities.
- The use of the NTSI in the development of the educational and investigative activities.

It is expected that to this new edition of the Master of Applied Geophysics a select group of specialists converges, of different institutions of the country interested in elevating its qualification scientific-technique in the sphere of the protection of the physical environment.

## DESARROLLO

### Características generales de la Maestría.

El programa de la Maestría de Geofísica Aplicada está confeccionado para ser impartido a egresados universitarios que cumplan los siguientes requisitos:

- Ser graduado universitario en una de las especialidades de la rama geológica o en alguna relacionada con esta.
- Tener un mínimo de trabajo activo en un centro de investigación, producción o docencia, al servicio de la Geología.
- Estar autorizado y avalado por la dirección institucional de su centro de trabajo.
- Presentar un proyecto de investigación, referido a la tesis que el aspirante espera defender al final de la Maestría.
- Ser aceptado por el Comité Académico de la Maestría.

Los egresados del programa pueden hacerlo en alguna de las siguientes menciones:

- Investigaciones hidrogeológicas e ingeniero-geológicas.
- Búsqueda de minerales metálicos y no metálicos.
- Búsqueda de petróleo y gas.
- Protección del medio ambiente físico.

El tiempo de duración del período lectivo es de año y medio pudiendo el cursista defender su tesis luego de haber concluido y aprobado todas las asignaturas; no obstante las asignaturas cursadas tienen una validez de cinco años a partir de la finalización del período lectivo. Sin embargo la mejor variante siempre es defender la tesis en alguno de los plazos fijados para la defensa de las tesis en el programa de la edición. Dichos plazos como regla nunca sobrepasan los tres años luego de iniciado el programa de la edición en cuestión.

En resumen puede decirse que los estudios duran de uno y medio a tres años en los cuales es necesario alcanzar por lo menos 70 créditos académicos distribuidos en tres bloques:

- Formación Básica (25 créditos)
- Formación Especializada (25 créditos)
- Investigación (20 créditos)

### Objetivos de la Mención en Protección del Medio Ambiente Físico:

Formar a especialistas de las Ciencias de la Tierra que deseen trabajar o perfeccionar sus técnicas de investigación en el estudio y protección del medio ambiente físico.

Al terminar esta mención los egresados estarán en capacidad de:

- Proyectar y desarrollar cualquier tipo de investigación relacionada con el estudio y protección del medio ambiente físico.
- Aplicar técnicas avanzadas en el procesamiento e interpretación de la información relacionada con el medio físico.
- Evaluar económicamente las metodologías y procedimientos utilizados en los proyectos e investigaciones realizadas.
- Conocer y hacer cumplir la legislación ambiental vigente en el país.

### **Características del Plan de Estudio de la Mención en Protección del Medio Ambiente Físico:**

El plan de estudio se divide en dos bloques docentes: el básico y el de la especialidad. Estos bloques a su vez se agrupan en dos subbloques durante el proceso de impartición. (Vea la Programación General al final del trabajo).

El mínimo de asignaturas a cursar por bloques es el siguiente:

#### **BLOQUE BÁSICO**

<b>Asignaturas</b>	<b>Horas</b>	<b>Cred.</b>
- Complementos de Geología	60	4
- Campos Potenciales	45	3
- Matemática Numérica	60	4
- Fotogeol. y Teledetección	45	3
- Geoquímica	45	3
- Hidrogeología	45	3
- Geología Ambiental	45	3
- Ecología	45	3

### **BLOQUE DE LA ESPECIALIDAD**

<b>Asignaturas</b>	<b>Horas</b>	<b>Cred.</b>
- Geología Regional	45	3
- Geofísica Ambiental	60	4
- Procesamiento de Datos	75	5
- Cartografía Automatizada	60	4
- Geoquímica Ambiental	45	3
- Metodología de las Inv.	30	2
- Est. del Impacto Ambiental	30	2
- Gestión y Econ. del M. A.	30	2

En la programación general, dada al final del trabajo, se muestra la programación con la cual será ejecutada la impartición de las diferentes asignaturas del período lectivo.

### **Contenido de las asignaturas:**

**Complementos de Geología:** Nuevos enfoques en la Geología. Procesos endógenos y exógenos. Hipótesis geotectónicas modernas. Interpretación de mapas y perfiles geológicos. Problemas estructurales más frecuentes en la Geología Ambiental. Trabajo de campo y taller.

**Campos Potenciales:** Campo escalar y vectorial. Gradiente. Integral de línea. Potencial en un campo vectorial. Divergencia de un campo vectorial. Operadores de Hamilton y Laplace. Teoremas integrales. Campos vectoriales irrotacionales y solenoidales, Ecuación de Poisson.

**Matemática Numérica:** Transformaciones integrales. Estadística. Geomatemática. Análisis Espectral. Filtrado digital. Aplicaciones.

**Fotogeología y Teledetección:** Particularidades de las fotos aéreas y de satélites. Técnicas de procesamiento de imágenes. Índices fotogeológicos los fenómenos exógenos acelerados por los efectos antrópicos. Índices hidrogeológicos e ingeniero-geológicos. Interpretación fotogeológica de diferentes situaciones geológicas y medio ambientales. Ejercitación.



**Geoquímica:** Ciclo geoquímico. Dispersión y concentración de los elementos. Geoquímica de los procesos hidrotermales, de la hipergénesis, de la diagénesis, de los isótopos, del paisaje, de las aguas subterráneas y de la tecnogénesis.

**Hidrogeología:** Tipos de acuíferos y su comportamiento hidrodinámico. Acuíferos cársticos; particularidades de su estudio. Técnicas modernas para encontrar y evaluar la cantidad y calidad del agua del subsuelo. Problemas de contaminación de acuíferos. Laboratorios. Ejercicios.

**Ecología:** Sociedad y Ecología. Componentes de medio. Contaminación y deterioro de los componentes del medio ambiente. Desarrollo sustentable. Seminarios.

**Geología Ambiental:** Conceptos básicos. Recursos y desechos. Procesos de erosión y sedimentación. El suelo y las rocas como sostén del medio en el que se desarrolla el hombre. Efecto de las acciones del hombre en el desarrollo de los procesos físico-geológicos que dañen el entorno geológico. Contaminación natural y antrópica. Gestión del medio físico. Riesgo geológico. El medio ambiente y la explotación minera. Historia de casos.

**Geología Regional:** Conceptos actuales sobre las geoestructuras del Caribe. Localización de Cuba en las placas regionales del Caribe. Geodinámica actual. Características geólogo-geofísicas de los elementos paleogeológicos presentes en Cuba. Taller.

**Geofísica Ambiental:** Características de los métodos utilizados en la solución de los problemas medio ambientales. Alteración de los campos físicos naturales y de las propiedades de las rocas por la acción antrópica. Complejo de métodos utilizados en las investigaciones. Historia de casos.

**Procesamiento de datos:** Sistema automatizados de procesamiento de datos para campos potenciales, sísmica, geoelectricidad y carotage. Representación de los resultados (SURFER y GEOSOFT). Utilización de sistemas de información geográfica (SIG). Ejercicios.

**Cartografía Automatizada:** Procesamiento de imágenes. Técnicas automatizadas para el análisis y extracción de información de las cartas topográficas, fotos aéreas y cósmicas. Sistemas de información geográfica (SIG). Confección de mapas. Laboratorio y taller.

**Geoquímica Ambiental:** Alteraciones geoquímicas a causa del desarrollo minero-industrial y agrícola. Contaminación de suelos y acuíferos. Métodos de análisis. Riesgos geoquímicos. Manejo de las

contaminaciones químicas del medio ambiente físico. Aguas subterráneas y medio ambiente. Papel de la ciencia en el empleo y protección de los procesos geológicos. Campo y laboratorio.

**Metodología de las Investigaciones Hidrogeológicas e Ing. Geológicas:** Factores a evaluar en las investigaciones. Métodos y metodologías para la obtención de la información en las investigaciones hidrogeológicas e ingeniero-geológicas. Características de las diferentes etapas de investigación. Proyecto e informe.

**Estudio del Impacto Ambiental (EIA):** Estudio y evaluación del impacto ambiental de las obras ingenieras. Estudios del medio físico y socio-económico. Análisis de proyectos y sus variantes. Impactos. Métodos cualitativos y cuantitativos de determinación. Planes de mitigación, monitoreo, contingencia y de manejo territorial.

**Gestión y Economía del Medio Ambiente:** Principios básicos del manejo territorial. Manejo del medio físico y del social. Manejo de costas. Legislación internacional y nacional sobre la protección del medio ambiente. Economía de los procesos de preservación y restauración del medio físico. Desarrollo sustentable. Historia de casos.

### **Bloque de investigación:**

Este bloque comienza desde el inicio de la Maestría e incluye trabajos de curso, laboratorios, investigaciones bibliográficas, etc. El mismo finaliza con la escritura y defensa de la tesis de grado.

La tesis puede ser confeccionada a partir de materiales propios de los cursantes, preferentemente sobre problemas ambientales que estén siendo estudiados en sus propios centros de trabajo o a partir de materiales suministrados por el Departamento de Geociencias. En todos los casos los temas deben ser aprobados por el Comité Académico de la Maestría antes de que el cursante matricule oficialmente en la Maestría.

### **Sistema de evaluación:**

Todas las asignaturas del Plan de Estudio deberán ser examinadas, incluidas aquellas que a juicio del Comité Académico de la Maestría puedan ser evaluadas por el cursante sin la obligatoriedad de asistir a las actividades lectivas de la misma.

La evaluación que se emitirá en cada asignatura incluida en el programa de estudio, será de excelente, bien, aprobado o desaprobado. En el caso de aprobar se otorgarán todos los créditos asignados a esa asignatura.

No existirán evaluaciones extraordinarias y sólo por causa de fuerza mayor, los cursantes que no hubieren concurrido a algún examen, podrán realizar una segunda convocatoria si previamente fueron autorizados por el Comité Académico.

En los casos en que se hayan aprobado como cursos de posgrado algunas de las asignaturas de la maestría, por ejemplo en ediciones anteriores, en diplomados o en cursos independientes del Departamento de Geociencias que vinculen con la Maestría se puede solicitar al Comité Académico la convalidación de la asignatura correspondiente. El fallo del Comité Académico es inapelable.

En caso de que un cursante no concluya exitosamente su “Plan de Estudio”, todas las asignaturas aprobadas le serán acreditadas como cursos de posgrado independientes.

Para obtener el título de la **Maestría**, deben cumplirse los siguientes requisitos:

- Acumular un mínimo de 70 créditos según los establecido en el “Programa”.
- Aprobar la defensa de la tesis.
- Culminar los estudios en el tiempo establecido.

### **Modalidad de impartición:**

Es a tiempo compartido con encuentros de una semana de docencia al inicio de cada subbloque seguido de un período de varias semanas, 10 o 12 en las cuales el cursista a través de consultas y entrevistas directas al profesor de cada asignatura, por medio del correo electrónico y/o personalmente, deberá rendir cuenta del avance de sus estudios así como cumplimentar diferentes actividades prácticas las cuales le serán orientadas durante la primera semana del grupo de asignaturas correspondiente a cada subbloque. Es decir: los conocimientos serán adquiridos fundamentalmente a base del estudio individual y de la enseñanza problémica-tutorial. Es de significar que del 60% del tiempo del Programa deberá dedicarse a las actividades prácticas. Cada cursante organizará su tiempo de práctica y estudio individual según sus intereses y posibilidades personales. Es de resaltar que desde el inicio de la Maestría, el cursante estará bajo la dirección de un tutor que será su guía científico a través de todo el curso.

### **Claustro y dirección del programa:**

El claustro de este programa está constituido por los siguientes docentes:

Ing. José Pérez Lazo, Dr. C. y P.T

Profesor Titular e Investigador Auxiliar, Ingeniero Geofísico (1972) y Dr. en Ciencias Geológicas (1986). Especializado en métodos geoeléctricos y en paleomagnetismo; 25 años de experiencia docente-investigativa.

Ing. Damián Febles Elejalde, Dr.C. y P.T

Profesor Titular, Ingeniero Geofísico (1971) y Dr. en Ciencias Geólogo-Mineralógicas (1986). Especializado en la gravimetría, magnetometría y métodos de búsqueda de yacimientos minerales; 25 años de experiencia docente-investigativa.

Lic. Gabriel García Cardoso, Dr. C. y P.A

Profesor Titular y Dr. en Ciencias Geológicas (1978). Especializado en Geología General y Fotogeología; posee más de 30 años de experiencia científico-dicente.

Ing. Carlos Sacasa de León, Dr.CT. y P.T.

Profesor Titular e Investigador Auxiliar, Ingeniero Geofísico (1972) y Dr. en Ciencias Geológicas (1986). Especializado en la aplicación de los métodos geofísicos a la solución de problemas geotécnicos e hidrogeológicos; 25 años de experiencia docente-investigativa.

Ing. José Rodríguez Pérez, Dr.CG. y P.T.

Profesor Titular, Ingeniero Geólogo (1967), Ingeniero Geofísico (1970) y Dr. en Ciencias Geólogo-Mineralógicas (1982). Especializado en interpretación de datos geólogo-geofísicos y geología y geofísica ambiental; 30 años de experiencia docente-investigativa.

Ing. Emilio Escartín Sauleda, Dr. CT. y P. A.

Profesor Auxiliar. Ingeniero Geofísico (1976) y Doctor en Ciencias Geológicas (1995). Más de 20 años dedicado a la docencia y la investigación en temas de computación y procesamiento de información geólogo-geofísica.

Lic. Myrna Pérez Pérez, P.A.

Profesor Auxiliar, Licenciada en Geología (1966) Especializada en Mineralogía y Petrología. 30 años de experiencia docente-investigativa.

Ing. Rosa Valcarce Ortega, Dr. CT. y P. A

Profesor Auxiliar. Ingeniera Geofísica (1978) y Master en Geofísica Aplicada (1995). Especializada en la interpretación de registros de pozo. Más de 15 años de experiencia docente-investigativa.

Ing. Marina Vega Carreño, Msc. y P. A.

Asistente. Ingeniera Geofísica (1976) y Master en Geofísica Aplicada (1995). Especializada en investigaciones geológicas y de tratamiento de imágenes. Mas de 20 años de experiencia docente e investigativa.

Ing. Willy Rodríguez Miranda, Dr. CT y P. A.



Profesor Auxiliar. Ingeniero Geofísico (1978) y Master en Geofísica Aplicada (1995). Especializado en procesamiento de la información geológico-geofísica. Más de 15 años de experiencia docente-investigativa.

Ing. Mireya Pérez Rodríguez, Dr. CG y P.A.A

Doctora en Ciencias Geológicas. Profesora Titular Adjunta del Departamento de Geociencias del ISPJAE. Posee más de 30 años de experiencia científico-docente.

El programa estará dirigido por el Comité Académico de la Maestría el cual esta constituido por:

Dr. Damián Febles Elejalde (Presidente)

Dr. José Rodríguez Pérez (Secretario)

Dr. Carlos Sacasas de León

Dr. José Pérez Lazo

Dr. Guillermo Miró Pagés

**PROGRAMACIÓN GENERAL DE LA MAESTRÍA DE GEOFÍSICA APLICADA.  
MENCIÓN EN: ESTUDIO DEL MEDIO AMBIENTE FÍSICO. 5TA EDICIÓN.**

**SUB BLOQUE 1 (30 abril – 11 julio/01)**

N/O	Asignaturas	Horas	Créd.	Profesor	Observaciones
1	Campos Potenciales	45	3	Dr. W. Rodríguez	10 semanas con 2 encuentros de 1 semana cada uno.
2	Complementos de Geología	60	4	Dr. J. Rodríguez	
3	Fotogeología y Teledetección	45	3	Dr. G. García	
4	Ecología	30	2	Dr. J. Rodríguez	

**SUB BLOQUE 2 (10 septiembre – 15 diciembre /01)**

N/O	Asignaturas	Horas	Créd.	Profesor	Observaciones
1	Matemática Numérica	60	4	Dra. R. Valcarcel	14 semanas con dos encuentros de 1 semana cada uno.
2	Geoquímica	45	3	Dr. J. Rodríguez	
3	Hidrogeología	45	3	Dra. R. Valcarcel	
4	Geología Ambiental	45	3	Dr. J. Rodríguez	

**SUB BLOQUE 3 ( enero – abril /02)**

N/O	Asignaturas	Horas	Créd.	Profesor	Observaciones
1	Geología Regional	45	3	Msc. M. Vega	14 semanas con dos encuentros de 1 semana cada uno.
2	Geoquímica Ambiental	45	3	Dr. J. Rodríguez	
3	Mét. Geof. Int. (Geof. Amb.)	60	4	Dr. C. Sacasas	
4	Procesamiento de Datos	75	5	Dr. E. Escartin	

**SUB BLOQUE 4 ( abril – julio /02)**

N/O	Asignaturas	HORAS	Créd.	Profesor	Observaciones
1	Met. de las Inv. IGH	45	3	Dra. R. Valcarcel	12 semanas con 2 encuentros de 1 semana cada uno.
2	Gestión y Econ. del M. Amb	30	2	Lic. M. Pérez	
3	Estudio y Eval. del Imp. Amb.	30	2	Dr. C. Sacasas	
4	Cartografía Automatizada	60	4	Dr. E. Escartín	

DEFENSA DE LA TESIS: Primera Convocatoria: diciembre/2002

Segunda Convocatoria: junio/2003

Tercera Convocatoria: diciembre/2003



## PROTOTIPO DE SISTEMA EXPERTO APLICABLE EN GEOQUIMICA ORGANICA COMO HERRAMIENTA DOCENTE

**Ivan H. Esteves S.<sup>(1)</sup>, Juan L. Torres R.<sup>(1)</sup>, José Vicente Gutiérrez M.<sup>(2)</sup>, Manuel Martínez S.<sup>(1)</sup>, Adriana Gamboa<sup>(1)</sup>**

(1) Centro de Geoquímica, Instituto de Ciencias de la Tierra - Facultad de Ciencias - Universidad Central de Venezuela. Aptdo 3895 Caracas 1010A, Venezuela. email: iesteves@gea.ciens.ucv.ve

(2) Centro de Geología, Instituto de Ciencias de la Tierra - Facultad de Ciencias - Universidad Central de Venezuela. Aptdo 3895 Caracas 1010A, Venezuela.

### ABSTRACT

Organic Geochemistry is a specific area of Earth Sciences whose importance is in the dedication to the study of the distribution and understanding of the natural organic matter and its products of decomposition, as a possible accumulating form of energy and its evolution from its origin to its final accumulation.

The identification of the component presents in the power organic products that are accumulated in the nature, involves among others the identification, processing and interpretation of the distribution and concentration among others of the linear saturated or alifatics compounds (n-parafins) and cyclical (biomarkers), which are separated by chemical procedures, essentially chromatography of column and later analyzed by means of the instrumental technique denominated Gases Chromatography (CG).

The result of this analysis is a chromatogram in which by means of numerical processing of the height of the different tips, it is possible to be generated, using some spreadsheet, a assembly of parameters from which it is possible to be determined geochemical characteristics that they allow to determine the phisicochemical conditions of accumulation, the type of precursory biogenic material, as well as the possible paleoenvironment in which the organic material, the evolutionary degree or thermal maturity of the material were developed and the levels of biodegradation that has experimented.

In addition to the exposed computational numerical processing the use of an expert system of hydrocarbon characterization sets out, constructed from a knowledge base provided by specialists and accused with a assembly of production rules that process the motor of inference associated with the expert system; as result the consultant or user obtains an integrated preliminary data of some excellent geochemical aspects corresponding to the natural organic material under study (coal or petroleum).

The advantage to use both computer science instruments, as much the spreadsheet, like the expert system is that the chromatographic information processing is facilitated managing to make inferences, to acquire virtual experience in the handling of the information associated to the 'saturated components'. The use of expert systems brings associate the acquisition of 'experience virtual', but after all experience, in a period of relatively short time, although it would not exclude the consultant's office from a specialist. In the context of the training, the proposed expert system allows to have a useful procedure to the formed training of personnel although without experience.

### RESUMEN

La Geoquímica Orgánica es un área específica de las Ciencias de la Tierra cuya trascendencia radica en la dedicación al estudio de la distribución y comprensión de la materia orgánica natural y sus productos de descomposición, como una posible forma acumuladora de energía y su evolución desde su origen hasta su acumulación final como depósito de biogénico.





La identificación de los componentes presentes en los productos orgánicos energéticos que se acumulan en la naturaleza, involucra entre otros la identificación, procesamiento e interpretación de la distribución y concentración entre otros de los compuestos saturados o alifáticos lineales (n-parafinas) y cíclicos (biomarcadores), los cuales son separados por procedimientos químicos, esencialmente cromatografía de columna y posteriormente analizados por medio de la técnica instrumental denominada Cromatografía de Gases (CG).

El resultado de este análisis es un cromatograma en el cual mediante procesamiento numérico de la altura de los distintos picos, se puede generar, utilizando alguna hoja de cálculo, un conjunto de parámetros a partir de los cuales se puede determinar características geoquímicas que permiten determinar las condiciones fisicoquímicas de acumulación, el tipo de material biogénico precursor, así como el posible paleoambiente en el cual se desarrolló el material orgánico, el grado evolutivo o madurez térmica del material y los niveles de biodegradación que ha experimentado.

Además del procesamiento numérico computacional expuesto se propone la utilización de un sistema experto de caracterización de hidrocarburos, construido a partir de una base de conocimientos suministrada por especialistas y procesada con un conjunto de reglas de producción que procesa el motor de inferencia asociado con el sistema experto; como resultado el consultante o usuario obtiene una información preliminar integrada de algunos aspectos geoquímicos relevantes correspondientes al material orgánico natural bajo estudio (carbón o petróleo).

La ventaja de utilizar ambos instrumentos informáticos, tanto la hoja de cálculo, como el sistema experto es que se facilita el procesamiento de la información cromatográfica logrando hacer inferencias, para adquirir experiencia virtual en el manejo de la información asociada a los componentes 'saturados'. El uso de sistemas expertos trae asociado la adquisición de 'experiencia virtual', pero al fin y al cabo experiencia, en un período de tiempo relativamente corto, aunque ello no excluiría la asesoría de un especialista. En el contexto del adiestramiento, el sistema experto propuesto permite disponer de un procedimiento útil para el adiestramiento de personal formado aunque sin experiencia.

## **INTRODUCCION**

Dentro de la ciencia de la Informática, concebida como tecnología científica, existe un área denominada Inteligencia Artificial que pretende reproducir el pensamiento humano y aplicarlo en distintos ámbitos 'artificiales', para proveer beneficio al ser humano. Los Sistemas Expertos, son programas que reproducen de manera lógica una determinada toma de decisiones tal como lo realiza el ser humano y para ello se utilizan unas denominadas 'reglas de producción' que se fundamentan en condicionales del tipo 'si .. entonces..' y las cuales son manejadas por medio de un 'motor de inferencia'

Una de las actividades comunes que se ejecutan dentro de la geoquímica orgánica es la de caracterizar geoquímicamente los componentes esenciales de productos netamente orgánicos tales como crudos, carbón mineral y materia orgánica dispersa.

Entre los componentes asociados con los combustibles fósiles se destacan los compuestos saturados, aromáticos, y la fracción polar que comprende resinas y asfaltenos, lo que es conocido como SARA. Las proporciones relativas de los componentes SARA están asociadas básicamente al tipo de materia orgánica, el nivel evolutivo de la misma, es decir la madurez térmica y también es afectada por procesos de migración y alteraciones secundarias entre las que se pueden nombrar lavado por aguas, biodegradación, o maduración en reservorio, entre otros.

El estudio de la fracción de los compuestos saturados, se puede llevar a cabo mediante la técnica instrumental denominada Cromatografía de Gases (CG), con lo cual se genera un 'cromatograma', cuya forma se ilustra en la figura N° 1.

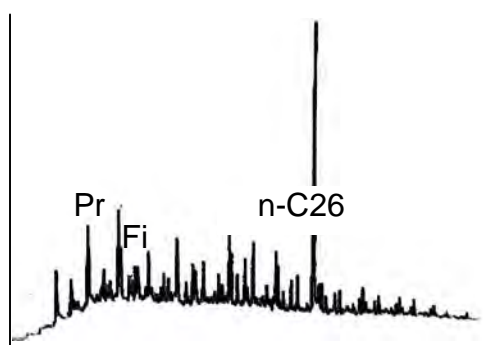


Fig. 1. Cromatograma parcial de la fracción saturada de una muestra de carbón, sobremadura.

Cada cromatograma tiene unas características particulares en relación con la forma de la envolvente de los picos, la distribución de los mismos y la aparición particular de los denominados 'isoprenoides'; todo este conjunto es 'leído fácilmente' por los expertos quienes al final pueden afirmar, con un margen de certeza relativamente alto, cuáles fueron las condiciones fisicoquímicas de acumulación del material orgánico, el posible paleoambiente sedimentario en el cual se desarrolló el mismo, el grado de madurez térmica y en algunos casos el grado de biodegradación que ha experimentado la materia orgánica.

En otras palabras, el cromatograma es una herramienta lo suficientemente poderosa para la geoquímica orgánica como para que un investigador experimentado pueda explicar varios procesos inherentes a las características de la materia orgánica en estudio; sin embargo esa experticia es adquirida normalmente en un largo período de tiempo y no es 'transmisible' directamente a otros colegas, asistentes, ayudantes o incluso a los propios estudiantes.

Con el propósito de facilitar la adquisición de 'una experticia artificial' por parte del personal en formación (estudiante, técnico o profesional recién graduado), haciendo que se reduzca apreciablemente el tiempo de adiestramiento, se propone utilizar una metodología informática, enmarcada dentro de la Inteligencia Artificial (IA), que es la construcción de un prototipo de sistema experto que permita caracterizar geoquímicamente la fracción de compuestos saturados y el cual fue construido a partir de una base de conocimientos suministrada por especialistas en geoquímica orgánica.

## **PRESENTACION DE LOS CRITERIOS GEOQUIMICOS**

Los biomarcadores son compuestos orgánicos que representan una pequeña fracción de la biomasa que ha sido preservada cuyas estructuras pueden ser asociadas inequívocamente a un precursor natural que ocurre en la materia orgánica viva (Tissot y Welte, 1984)

El estudio de los materiales orgánicos se lleva a cabo mediante una metodología establecida que sigue en líneas generales los siguientes pasos: La roca es pulverizada y tamizada por lo menos a 60 mallas, luego es sometido a proceso de extracción en equipos Soxhlet utilizando solventes orgánicos de bajo peso molecular entre los que el  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  es el más empleado, el líquido así obtenido se conoce como bitumen. Debido a la complejidad de esta solución se lleva a cabo una separación gruesa mediante el empleo de cromatografía de columna con alúmina o sílice activada, eluyendo sucesivamente con n-hexano, tolueno y una mezcla tolueno/metanol (70: 30 v/v) para obtener las fracciones de saturados, aromáticos y polares, respectivamente.

El análisis de la fracción de compuestos saturados se lleva a cabo empleando la técnica de cromatografía de gases con detector fotométrico de llama.

Los tópicos de la geoquímica orgánica que se tomarán en cuenta en el presente trabajo, tienen que ver con aspectos tales como:

- A) CONDICIONES FISICOQUIMICAS DE ACUMULACIÓN
- B) TIPO DE MATERIA ORGÁNICA
- C) POSIBLE PALEOAMBIENTE SEDIMENTARIO
- D) BIODEGRADACION POR ACCION MICROORGANISMOS
- E) MADUREZ TÉRMICA DEL MATERIAL

Los criterios que utilizan los expertos para caracterizar cada uno de los rubros geoquímicos presentados anteriormente, se fundamentan en las relaciones de picos obtenidos de los alcanogramas (cromatogramas procesados) y se presentan a continuación:

#### A. CONDICIONES FISICOQUIMICAS DE ACUMULACIÓN

- Criterio único Pristano/Fitano (Pr/Fi)

Si la relación "Pristano/Fitano" es mayor a la unidad la materia orgánica estuvo expuesta al oxígeno atmosférico por tanto las condiciones fisicoquímicas de acumulación fueron óxicas o ligeramente reductoras.

Si la relación "Pristano/Fitano" es mayor a la unidad la materia orgánica estuvo expuesta al oxígeno atmosférico por tanto las condiciones fisicoquímicas de acumulación fueron anóxicas.

#### B. TIPO DE MATERIA ORGÁNICA

- Criterio 1 Índice de relación IAP :  $\text{Suma (C15...C20)} / \text{suma (C25...C30)}$

Si el IAP es menor a 0,7 el material biogénico precursor fueron plantas superiores

Si el IAP es mayor a 1,3 el material biogénico precursor fue algal



Si el IAP está entre 0,7 y 1,5 el material biogénico precursor fue una mezcla

#### C. TIPO DE AMBIENTE SEDIMENTARIO

- Criterio 1 (Relación : Fitano / Pristano)  
Si la relación 'Pr/Fi' es mayor a 1,5 entonces es un ambiente 'continental' (planta superior)  
Si la relación 'Pr/Fi' es menor a 0,9 entonces el ambiente es 'marino' (algal)  
Si la relación 'Pr/Fi' esta entre 0,9 y 1,5 entonces el ambiente es 'transicional' (mezcla)
- Criterio 2 (Indice de relación IAP :  $\sum (n-C15.....n-C20) / \sum (n-C25..... n-C30)$  ).  
Si el IAP es menor a 0,7 el ambiente de depositación fue continental  
Si el IAP es mayor a 1,3 el ambiente de depositación fue marino  
Si el IAP está entre 0,7 y 1,5 entonces el ambiente fue transicional

#### D. BIODEGRADACION

- Presencia de joroba en la línea base del cromatograma
- Señales o picos difusos, particularmente de parafinas livianas (< C20)
- Ausencia de señales en el cromatograma

#### E. MADUREZ TÉRMICA

- Criterio Índice preferencial de carbono (IPC =  $2C29/C28+C30$ )  
Si el IPC es menor a 1,2 entonces el material se puede considerar como 'sobremaduro'  
Si el IPC es mayor a 1,6 se considera que el material orgánico es 'inmaduro'  
Si el IPC esta entre 1,2 y 1,6 entonces el material orgánico se considera 'maduro'

### **SISTEMA EXPERTO EN GEOQUIMICA ORGANICA**

Los denominados SISTEMAS EXPERTOS que no son otra cosa que un artificio que recopila el conocimiento de un experto, en una determinada área del conocimiento, y utilizando un 'motor de inferencia', cuyo combustible son las denominadas 'reglas de inferencia', permite a un usuario con conocimiento razonable del área, obtener de un programa de inteligencia artificial (sistema experto), las mismas deducciones que obtendría del propio experto, utilizando a la computadora como medio de suministro de la información requerida.

Se considera que los sistemas expertos pudieran ser utilizados como herramientas 'perfectas' para la formación y el adiestramiento del ser humano en función de la adquisición de conocimiento determinado con un fundamento lógico, reduciendo con ello significativamente el tiempo de adquisición de experiencia en una determinada área. Es por esto último en que consideramos a los Sistemas Expertos como 'armas' estratégicamente importantes para el proceso de enseñanza efectivo y de aprendizaje independiente.



Entre los principales problemas que presenta la utilización un Sistema Experto es justamente en la construcción de la base de conocimiento que implicaría 'atrapar' el conocimiento del experto, y por una parte, posteriormente transformar dicho conocimiento en reglas de producción las cuales constituyen la base del conocimiento del sistema experto.

Afortunadamente en el presente caso contamos con expertos en el área de la geoquímica orgánica quienes se han ofrecido a contribuir con la extensión y validación de un antiguo sistema experto denominado 'CRUDOEXP' (Tocco, ET AL, 1985); ello permitirá la construcción de un nuevo sistema experto, al que bautizaremos como 'ALCANEXP' y que podría ser utilizado en el área de la Geoquímica Orgánica, para ayudar con la formación de estudiantes de pregrado y postgrado. De manera muy particular se pretende aplicarlo en la Licenciatura en Geoquímica que apareció durante el año 1996 en la Universidad Central de Venezuela.

## **METODOLOGÍA**

Se diseñó un procedimiento con una hoja de cálculo, en el cual se establecen las alturas medidas en el cromatograma original y los cálculos correspondientes, para crear por una parte un gráfico en el que se muestra el 'alcanograma' correspondiente y por otra parte, se utilizan los criterios de la geoquímica orgánica a partir de los cuales se permite hacer las inferencias correspondientes a las condiciones fisicoquímicas, al ambiente, al grado de madurez, a la migración experimentada y al grado de biodegradación.

Se presenta en la Tabla Nº 1 un ejemplo del cálculo proveniente de un cromatograma en el que se tipifica el procedimiento informático para ilustrar la estructura del cálculo. Brevemente puede indicarse que en la parte superior aparece el tipo de muestra procesada y su correspondiente identificación; mas abajo aparece el resto de la información que se explica brevemente a continuación:

- Lista de los n-C# alcanos (parafinas) con su respectiva altura medida en cm y en la tercera columna su influencia relativa medida en porcentaje (%).
- Evaluación de los isoprenoides y cálculos relativos entre picos (criterios establecidos)

A partir del análisis de los resultados (Tabla I) y utilizando los criterios que son los establecidos por los expertos geoquímicos orgánicos y en la literatura especializada (Tissot y Welte, 1984), se puede llegar a un diagnóstico de los compuestos saturados asociados con una muestra bajo estudio, tal como se muestra a continuación :

DIAGNÓSTICO, Muestra : HAM-1X (15258')

NIVEL DE BIODEGRADACION :

NULO

TIPO DE MATERIA ORGANICA :

ALGAL



CONDICIONES FISICOQUÍMICAS DE ACUMULACIÓN :	ANÓXICO
POSIBLE TIPO DE AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN:	MARINO
MADUREZ TÉRMICA:	INTERMEDIO

Tabla I. Instrumento de evaluación de ALCANOGRAMAS (ENE-2001)

Muestra	<b>HAM-1X</b>	Formación :	<b>La Luna</b>	
Profundidad	<b>15258'</b>	Edad	<b>Cretaceo Sup.</b>	
Loc.	Zulia	Pais :	Ven	
<b><u>ALC</u></b>	<b><u>h/cm</u></b>	<b><u>ISOP</u></b>	<b><u>h/cm</u></b>	<b><u>%</u></b>
C10	0.0	C10	0.0	0.0
C11	0.0	C11	0.0	0.0
C12	0.0	C12	0.0	0.0
C13	2.2	C13	0.0	0.0
C14	4.8	C14	0.0	0.0
C15	6.6	C15	0.0	0.0
C16	7.7	NPR	4.5	6.9
C17	7.1	PRI	4.0	6.2
C18	6.8	FIT	6.3	9.7
C19	6.8			
C20	5.7	<u>CALCULOS</u>		
C21	4.3	IPC		1.0
C22	4.2	IAP		12.0
C23	2.9	LIV/PES		1.5
C24	2.3			
C25	1.4			
C26	0.9			
C27	0.5			
C28	0.4			
C29	0.2			
C30	0.0			
C31	0.0			



## **CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL SISTEMA EXPERTO**

En esta oportunidad se utilizará el 'shell' ESIE el cual posee un motor de inferencia que permite procesar hasta 400 reglas-línea en las que se puede incluir hasta 100 preguntas, con una posibilidad de utilizar hasta 50 tipos de respuestas intermedias válidas.

En el caso específico presentado se elaboraron 319 reglas-línea con siete (7) tipos de preguntas y once (11) tipos de respuesta válidas, con lo cual se llegó a proponer cincuenta y siete (57) deducciones inferidas o 'metas' posibles que se pueden asociar a cada consulta.

El usuario debe responder 'exactamente' con alguna de las posibles respuestas presentadas como válidas y que aparecen en cada pregunta; una vez respondidas todas las preguntas hechas por el sistema experto, aparece la 'respuesta correcta' a la consulta realizada. En el presente caso el propósito esencial del sistema experto construido es caracterizar geoquímicamente a un determinado material natural de tipo orgánico, a partir de sus componentes alifáticos (parafínicos) exclusivamente; no se contemplan otros aspectos, que de ser requeridos ameritarían la construcción de sus respectivos sistemas expertos.

## **SECUENCIA DEL PROCEDIMIENTO SEGUIDO CON EL SISTEMA 'MATORG'**

Se presenta a continuación el procedimiento seguido para la construcción, verificación, validación y prueba del sistema experto 'MATORG'

1. Selección del ámbito del conocimiento y contacto con Ingeniero de Conocimiento
2. Entrevista preliminar entre el experto y el ingeniero de conocimiento
3. Construcción y verificación del prototipo del sistema experto
4. Validación del sistema experto por parte de especialistas
5. Prueba preliminar con usuario primario
6. Revisión y corrección de observaciones pertinentes

Para poder construir el sistema experto 'MATORG' se requirió lo siguiente:

1. Selección del área de la Geoquímica Orgánica relacionada con las parafinas
2. Disponibilidad de cromatogramas originales (espectros)
3. Medida de la altura de los diversos picos en el cromatograma
4. Procesamiento numérico del cromatograma
5. Construcción del alcanograma (espectro sintético en hoja de cálculo)
6. Determinación de los factores asociados con las parafinas
7. Inferencias primarias (orientación)
8. Caracterización de cada cromatograma (caso) por parte de algún experto
9. Diagnóstico preliminar (corroboración de las deducciones y contraste de respuestas)





10. Interacción con algún experto 'dispuesto' a construir la base de conocimiento
11. Selección del programa adecuado para la construcción del sistema experto
12. Seguir los pasos cinco (5) hasta el nueve (9)

Una vez que se lleva a cabo cada uno de los pasos presentados anteriormente se procede a someter al sistema experto a pruebas diferentes incluyendo situaciones poco comunes y exóticas.

### **PRUEBA EXPERIMENTAL**

Una vez validado el sistema experto se procedió a probarlo con un profesional del área de ciencias de la tierra pero que no tenía experiencia formal en el ámbito de la geoquímica orgánica. Inicialmente se procedió a instruirlo en los aspectos básicos de las definiciones que se relacionan con la fracción de compuestos saturados. Posteriormente le fueron presentados tres casos diferentes (cromatogramas crudos) seleccionados arbitrariamente, para que procediera a interpretarlos. Observándose lo siguiente:

Caso 1) Analizó la forma del cromatograma y determinó que existía cierta biodegradación; preguntó sobre los picos difusos porque no entendía a que se referían; encontró que el pico de pristano era apreciablemente mayor que el de fitano; observó que los picos livianos (C15 ... C20) era mayores que los pesados (C25 ... C30); también observó que el valor del IPC era casi 1. Con la información recabada se aventuró a afirmar que el material orgánico provenía de un ambiente marino y era de tipo algal, sometido a condiciones fisicoquímicas de oxidación y estando el material sobremaduro.

Caso 2) Analizó el cromatograma y determinó que no existía biodegradación; que los picos de pristano y fitano eran prácticamente de la misma altura; le costó recordar el criterio del IAP, lo cual le fue aclarado y consideró que los picos livianos eran muy similares a los pesados; finalmente no recordaba lo del IPC (Indice Preferencial de Carbono) y después de asesorarlo con el correspondiente criterio dedujo que era bastante elevado. Dedujo que el material era una mezcla entre marino y continental, asociado a un ambiente transicional donde no aparecían evidencias claras de oxidación, siendo un material no degradado biológicamente e inmaduro.

Caso 3) Analizó el cromatograma y determinó que existía una gran 'joroba' y el espectro lucía muy extraño por la ausencia de una gran cantidad de picos; esto le ocasionó cierto grado de confusión y luego de un rato afirmó que no podía 'decir nada' respecto a esa muestra.

Una vez analizados los tres casos a partir de los cromatogramas originales se le presentó cada uno de los correspondientes alcanogramas y los valores de las variables consideradas, con lo cual comprobó sus respuestas. Posteriormente se le explicó muy brevemente lo que era un sistema experto ('consultor virtual') y se le animó que lo utilizara con los mismos tres casos que previamente había



analizado, anotando cada una de las respuestas a las preguntas que le hacía el sistema experto 'MATORG'. Los resultados de las consultas fueron:

Caso 1)DIAGINX.:ALG.(MAR).MINDEG.OXIC.SOMAD

Su expresión facial mostró sorpresa al observar que había coincidencia entre su deducción y la 'sugerencia' que le había hecho 'MATORG',

Caso 2)DIAGINX.:MIX.(TRANSIC).NODEG.DISOX.INMAD

En este caso no se sorprendió tanto aunque manifestó satisfacción por 'haber adivinado' igual que el sistema experto. Esto puede entenderse como una reacción de autoreafirmación.

Caso 3)SUFRIO:BIODEGRADACION.INTENSA:USE.'EM'

Recordando su incertidumbre ante el caso presentado, se mostró particularmente atento a la 'respuesta' de MATORG respondiendo con cierta ansiedad a las preguntas, ya que parecía intuir que no lo había hecho bien. Sin embargo mostró gran sorpresa por la coincidencia con 'su' respuesta y denotó cierto grado de admiración por el sistema.

Como comentario final, por parte del profesional, indicó la conveniencia de aplicarlo a estudiantes de pregrado con la finalidad de aprender y consolidar conocimientos específicos.

## **CONCLUSIONES**

Lo aprendido en esta experiencia, catalogada fundamentalmente dentro del ámbito de la docencia, permite aseverar que:

- La construcción del sistema experto MATORG fue posible porque hubo interacción efectiva entre un experto en el área de la geoquímica orgánica y un 'ingeniero de conocimientos'.
- El sistema experto MATORG luce promisorio para ser aplicado en estudiantes de ciencias de la tierra que requieran consolidar conocimientos en el área de la geoquímica orgánica.
- El tiempo de adiestramiento para saber usar el sistema experto MATORG se considera sumamente corto y de fácil manejo, lo cual resulta atractivo en la formación de personal.

## **RECOMENDACIONES**

A partir de lo experimentado en este proyecto se propone lo siguiente:

- Crear una base de datos con unos 200 a 300 casos de cromatogramas, previamente diagnosticados por varios expertos validadores, los cuales serían sometidos a prueba por parte de usuarios.
- Crear un sistema experto, basado en fragmentogramas provenientes de estudios con Espectrometría de Masa (EM), que permita diagnosticar las características geoquímicas de aquellos materiales de tipo orgánico natural con alto grado de alteración estructural por influencia de microorganismos.
- Aplicar el sistema experto, probado múltiples veces, para aprender un 'conocimiento específico' (actividad docente) y en otro contexto como herramienta de adiestramiento.



## **BIBLIOGRAFIA**

- Tissot, B.P and Welte, D.H(1984): Petroleum formation and occurrence: New York, Springer-Verlag,699 p
- Tocco, R. y Torres, J.L.. (1992). ALCANOG : Instrumento diseñado en hoja de cálculo para procesar cromatogramas utilizados en geoquímica orgánica. (Cartel). ACTA CIENT.VEN.**43** Supl.1:p.43
- Tocco, R.; Galarraga,F. y Torres,J.L. (1992). CRUDOEXP : Sistema Experto Prototipo de Calificación Geoquímica Aplicado a Crudos. ACTA CIENT.VEN. Vol.43 Supl.1 : p. 45 (Resumen)
- Torres, J.L. y Martinez, M. (1992). METCAREXP : Sistema Experto prototipo para determinar la meteorización geoquímica de carbones. ACTA CIENT.VEN. Vol.43 Supl.1 : p. 46 (Resumen)

# PROCESS AND DATA INTEGRATION UTILIZING A WEB ARCHITECTURE

**Fabrizio De Fiorido**<sup>(1)</sup> **Marco Polissi**<sup>(2)</sup>

## ABSTRACT

During the past decade, migration from a centralized mainframe architecture to a distributed client server configuration has brought more flexibility to the knowledge sharing process, but has increased IT management complexity and administration costs.

A large number of heterogeneous hardware platforms and operating systems, with local storage devices, came on the market, resulting in more applications, sometimes using multiple copies of the same data. The installation of software on remote sites and DB duplication between foreign offices and the headquarters have also increased the complexity of IT management.

The increasing demand for data, information and knowledge shared among project teams operating from different locations (headquarters, foreign offices, etc. ) and the requests for a simpler IT architecture have recently become a business 'driver'.

The new paradigm of Information Technology, based on a web architecture and centralization of data by using high performance servers, storage devices and data networks, shall give the capability to redesign business processes and modify the relationship between central and local staffs.

The Web infrastructure is an essential technology to implement the so called "Digital Value Chain" (DVC) and redefine the whole Exploration and Production (E&P) data flow. Therefore, the new challenge for the digital era is to realize a lean organization , acting in the Digital Value Chain philosophy, in order to integrate and optimize all the processes.

The final goal will be the implementation of a digital framework able, through analysis and an innovative data correlation, to retrieve and deliver more information to the web following the B2E (Business to Employee) approach, and allowing people to take more effective business decisions.

A service based on data and application 'on demand' can be an effective approach to collect and integrate all the E&P data into a centralized corporate database and provide an IT cost saving to affiliates.

Hence, consolidation of data, servers and storage, implementation of high speed network connections and re-engineered business processes have become a 'key point' to improve cooperation between people, reduce IT support and maintenance cost.

---

<sup>(1)</sup> ENI Agip division IT technical services, Via dell'Unione Europea 3, San Donato Milanese 20097, Milan Italy  
E-mail [fabrizio.defiorido@agip.it](mailto:fabrizio.defiorido@agip.it)

<sup>(2)</sup> ENI Agip division IT technical services, Via dell'Unione Europea 3, San Donato Milanese 20097, Milan Italy  
E-mail [marco.polissi@agip.it](mailto:marco.polissi@agip.it)



## INTRODUCTION

The framework of this project is the ENI – Agip Division IT Technical Scientific environment and involves any Agip foreign branch according to the local IT TS infrastructure.

The primary objectives considered, are simplification of the current IT infrastructure and integration of all the information systems used by different departments to provide different views of the corporate data according to the role and perspective of single users.

To address the infrastructure problem we considered as project drivers several impacts that can be group as follows:

- Financial Impacts: an inefficient use of HW infrastructure has a financial impact. One of the possible solutions is migration from a distributed architecture constituted by spread servers, each one with its local storage device, with an inefficient use of resources (CPUs and Disks), to a consolidation of few high performance servers connected through an Enterprise Storage Area (ESA).
- Business Impact: there is a negative business impact every time the IT department cannot immediately react to the modified company needs increasing the Time to Market of the E&P interpretation process. The suggested solution has been to increase flexibility to the IT architecture by having, where possible, a dynamic configuration.
- Operational Impact: this is related with the operational cost of the HW/SW infrastructure (Management Costs). Reducing complexity and downtime reduce also management costs.

With the above constraints and with the goal of improving the Service level the idea was to centralize all the E&P data (the structured data stored in a RDBMS and the bulk data usually stored in external binary file) into a Corporate Database located in the headquarters giving access to internal users and remotely to subsidiaries. The Web Architecture is a natural approach to deploy applications over the network without installing locally any piece of software other than a browser and simplify data access and knowledge sharing. Thus a dramatic cost reduction (Operational Impact) can be achieved by reducing IT support and maintenance costs in the subsidiary and in the Districts while the corporation will benefit from the consolidation in the headquarters of all the world wide E&P data.

## HARDWARE CONFIGURATION

The new role of the headquarters as ASP for the internal departments, the Italian districts and the foreign branches requires high availability of the IT system to be up and running 24 hours a day, 7 days a week.

As shown in the attached figure 1 (Hardware Architecture) describing the IT architecture, there are two UNIX Servers on the left side that work as Database servers for the corporate database (Master Database Server and Failover Server) or other third party data sources, while the servers on the right side represent the consolidated project database Servers.



It is important to have a Failover Server to switch on, when the first Server becomes unavailable, so as planned and unplanned downtime do not affect operations of the system. The implementation of the Enterprise Storage Area doesn't require the further duplication of the storage devices as it guarantees high availability and minimum downtime through highly reliability of the disks combined with mirroring configuration.

The database table, as well as the external bulk data containing seismic data (SEGY format) or Logs (LIS, DLIS format) or more generally any kind of documents, are physically stored in the Enterprise Storage Area that is constituted by a pool of disks connected with both the Database and the Application servers. This is the primary storage level in the hierarchical storage management while the secondary level is provided by 4 SILOS for 3590 tape driver of about 22 thousands locations.

The point to point Fiber Channel connectivity between hosts and storage devices is the key point to implement a high speed data network suited to move and share data without affecting the local network. Each host connected to the ESA can access disks as if they were local devices. This configuration has a Financial Impact as described above and also assures what is called Network Buyback because avoiding FTP file transfer and NFS mounting there is a better performance on the network without investing in the network infrastructure. With the same kind of arguments there is a Server Buyback because no more CPU time is wasted in File Transfer and Network File Mount.

To reduce the administration effort of the E&P Interpretation environment the Project Database servers have been consolidated in a few Application servers having their local disks in the Enterprise Storage Area. This configuration also allows a better utilization of the storage devices by configuring dynamically more disk space when and where it is required (Business Impact). The ESA is the natural place to consolidate all the E&P Corporate Data and allows a faster and a more reliable data sharing between the centralized server and the E&P Interpretation workstation.

## **BUSINESS PROCESSES**

This kind of infrastructure let us implement two type of service: the so called "Data on Demand" and the ASP services to provide, both internal users and subsidiaries, access to the Corporate Data. The basic idea is to provide an easy access to the end users who can, through a web interface, load the data, browse, filter and select and export all they need into their working environment (Interpretation workstation). Depending on the network infrastructure it is possible to provide a full ASP service where also the specific applications can run on the centralized server in the headquarters with a remote display in the foreign office, or only a data delivery service where the user can filter and select data to be moved, eventually compressed, into the remote environment.



The system can implement different processes for different type of users (geophysicist, geologist, reservoir engineer, drilling engineer etc.); each user has different role and accesses a different views of the Corporate Data.

To better explain how the system can implement some operations consider the following business process describing the seismic data flow from Corporate Database to Project database.

The end user accesses the corporate database through a GIS web based application and creates his own shopping list by filtering and selecting on the map a subset of seismic lines (2D or 3D).

The user then has to give information about the target workstation, the scaling parameters to apply, he can refine the selection by reducing the starting or ending shot point and start the batch process to move data from the CDB to the PDB. The system – based on CORBA distributed object architecture- performs all the operations to download seismic data from silos to the Project Database. This includes downloading seismic data to the Enterprise Storage Area, cutting traces outside a defined polygon, computing statistics and eventually displaying them, scaling and clipping and finally running the Seismic Auto Loader to load data into Landmark or Geoquest Project Databases.

The role of ESA allows data sharing between the Corporate DB Server and the Application Project DB Server and is an important element to optimize the process. When the job ends, it send an E-mail to let the user know the process status and a log file shows details of all the operations. The native C++ CORBA servers are multithreaded and perform cutting and scaling processes maximizing the use of the centralized server and minimizing processing time.

Finally, the end user with a short sequence of mouse clicks can select what he needs and set up the project in the Interpretation Workstation. Just to give an idea of the optimization of this process we can say that depending by the project size to be loaded, the original location of the data (on line in the ESA or near line on SILOS) and the job queue, the required time to have a project on the workstation up and running has been reduced from 1-4 week to 1-2 Day or even less thus having a positive Business Impact. ESA works as a cache area for the SILOS as well, because there is a hierarchical space manager running on the centralized server that is in charge to manage data restoring and archiving from/to SILOS. Data movement from the centralized server to the Interpretation server is then facilitate by the storage network that allows very high throughput without overloading the LAN.

The above process is now implemented for Seismic and Log data. It is also planned to include other E&P data types thereby increasing data utilization simplifying and speeding up data loading in the project workstation. This service is chargeable, based on the weight average data size that is moved from Silos to the interpretation workstation.

To control and manage the whole process there is a Control Monitor to stop, restart, delete or schedule processes and verify in real time every job step. More in general the control monitor looks at the disk occupation both locally or remotely, verifies the usage of tablespaces and alerting the local staff it is possible to reduce the IT system administration effort in the foreign branches.



Centralization of monitoring reduces the number of skilled resources locally (Operational Impact). Every operation can be carried out from the headquarters. As well as a Operational Impact, centralization of monitoring can have a Financial Impact by optimizing licenses of interpretation packages and HW resources.

At the end of the Interpretation process it is possible to save the result (horizons, grid, faults etc.) in the Corporate database in the so called "Result DB" module while project back ups can be archived on SILOS. The final result report is stored in the EDMS (web based electronic document management system) and it is very important to keep track of the Company activity and to share knowledge among different geographical team.

The above process involves transfer of huge amount of bulk data from Corporate Database to Project Database and backward and represents one of the most complex processes from the Data Management perspective. Many other processes relate only to data stored into DBMS and can be managed through Web application able to retrieve, filter and display data using tables and charts. A typical example is production profile and reserve evaluation that are the input to the DSS application to analyze production rate and evaluate reserves by simulating different scenarios. For this process is even more evident that the Web architecture is the only solution to allow local user to work with their regional data and allow users in the headquarters to work with large scale regional data to define the company strategy.

The Web interface and the capability to find on a web site – the IT TS portal - a case history of feasible operations with this system and information about best practices, can also dramatically reduce training cost and time as well as deployment costs (Operational Impact). At the end simplification of user interface enlarges the number of people using these tools and data while once they were used only by specialists.

## SOFTWARE COMPONENTS

The software architecture is based on components (CORBA objects, java beans, com+) designed to access data and perform some operations.

On top of the Corporate Database to simplify data access, there is a web based GIS that is the common entry point to the system. It is constituted by an applet on the client side downloaded by a web server located in the headquarters that can display on a map every E&P object and on a spreadsheet the general information. It is based on a three tier CORBA architecture and the implementation is 100% pure Java to provide cross platform portability and usability on every remote site (e.g. well rig). In the second tier (normally the web server) there is a configuration database that works as a directory service where there is information about the database that the system can access to.

The GIS (figure 2, Gisweb Application) can access all relational databases independently of their location (i.e. headquarters or foreign branches). This feature was designed in order to have the same



interface to access third party data sources (external services, Government DB) or those databases that cannot be consolidated in the ENI AGIP Div. corporate database.

The architecture along with the object oriented approach can reduce dramatically software developing costs and time to market product availability due to low maintenance efforts.

The applet has been designed to be the upper layer of the Corporate Database, able to display data and providing filtering and selection capabilities. Once the set of data has been selected, the user can run the related drill down application to work with the data. Again the design is very flexible and new drill down applets can be added without modifying the GIS.

Each data type uses a different drill down applet. The seismic drill down applet for instance, implements the above described data flow between the Corporate database and the Project database and is integrated, through the CORBA technology (like Openspirit), with third party software (Seismic Autoloader) to load data into application Database. Drill down applications that deal only with "table data" have been developed using server side technology (JSP, ASP) to reduce client installation and avoiding plug-ins. Old client server application can still be a part of the picture using a middleware technology enable to export display on the web architecture.

## CONCLUSIONS

The above described vision implies that every subsidiary is in charge to verify and validate its own data and load it into the centralized corporate database through a direct access, if the network connection allows. Then data is available for all remote users and can be retrieved and eventually exported depending on its amount and on the local infrastructure. The availability of high speed network connection for data and voice is a key point to provide full operational ASP service and data delivery service and improve cooperation between headquarters and affiliates.

If we consider and evaluate only the above benefits of the Business, Financial and Operational Impacts the Company can have a very high IT return on investment without taking into account the benefit of having a unique repository for all the E&P data, of improving data management processes, reducing Geological risk and finally reducing interpretation time (Time to Market) with consequences on the E&P return on investment.

The last picture (Decision Pyramid) shows how a good IT infrastructure can fit with the Company organization and improve decision processes. The Knowledge Management systems related to the E&P environment has a pyramid structure where there are on the bottom the Operating Systems. These transactional systems compose the Corporate Database (Datawarehouse). On top of it there is a Web GIS based interface to facilitate Geologists and Geophysicists to retrieve and move E&P data into their working environment. The Interdisciplinary Asset Team produces the final result of the Geological Study that, integrated with the Economics, is the input of a DSS to provide the Economical evaluation of the Project and help Top Management to take more reliable effective decisions in a shorter space of time.

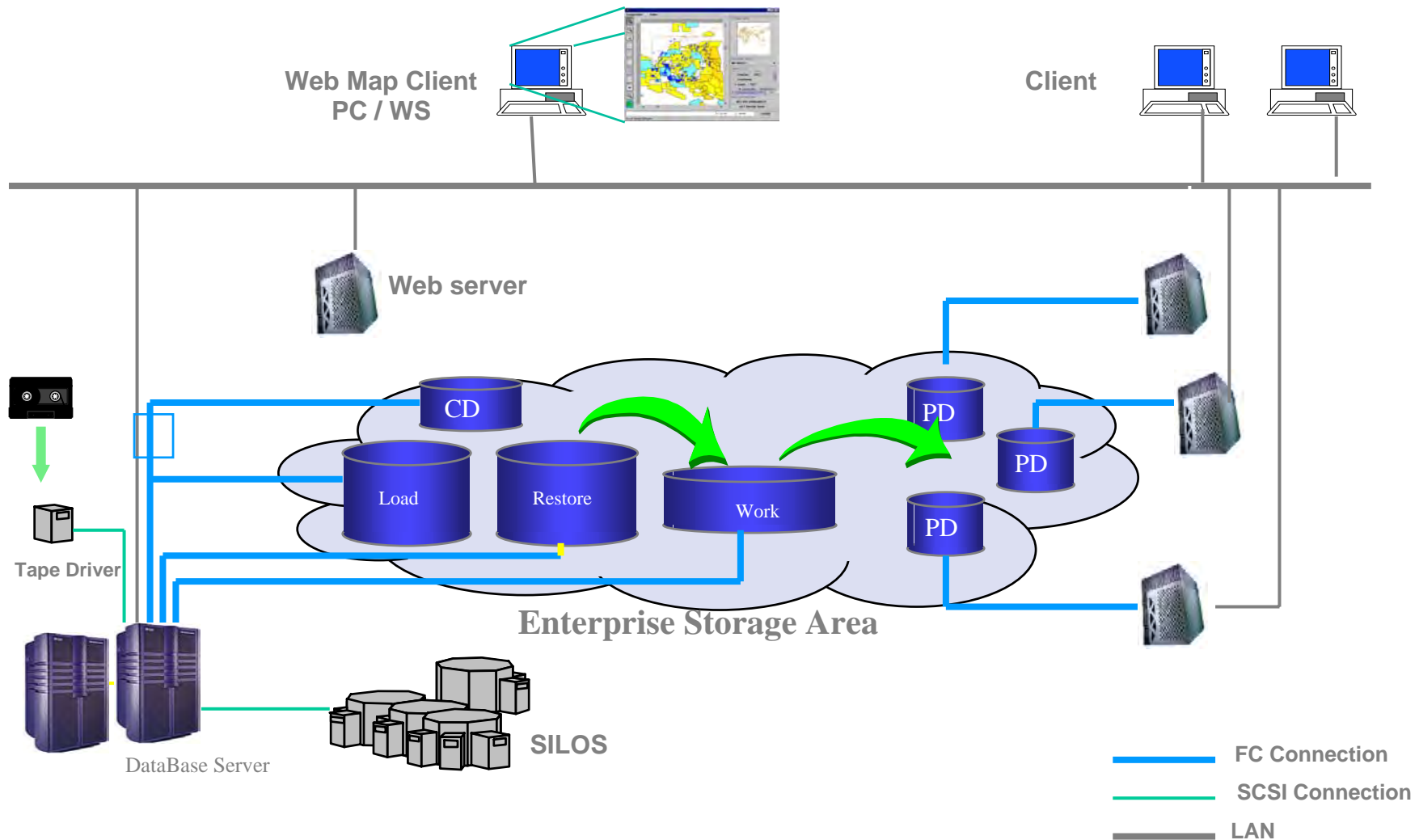


Figure. 1- Hardware Architecture

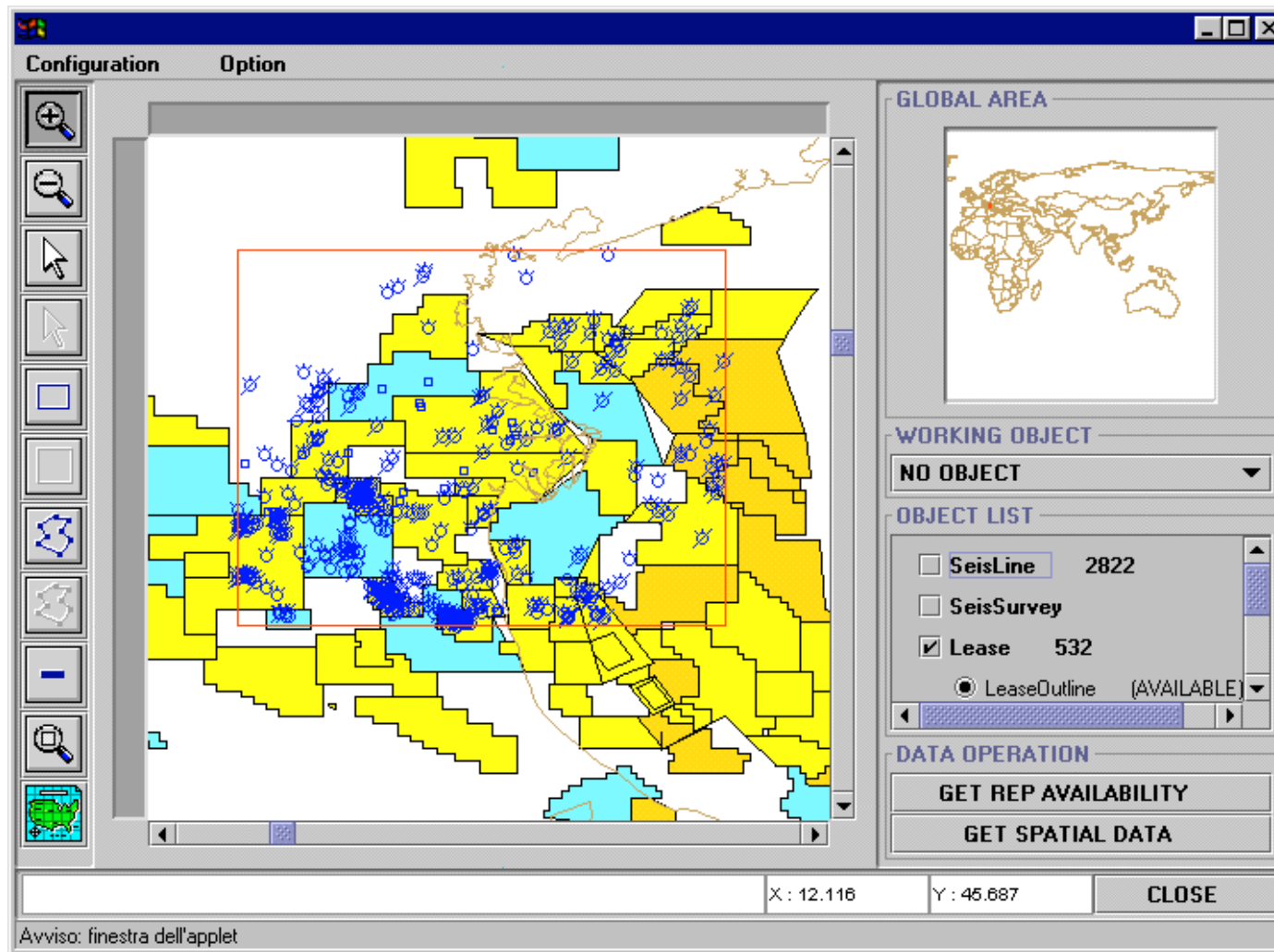


Figure 2.-Gisweb Application

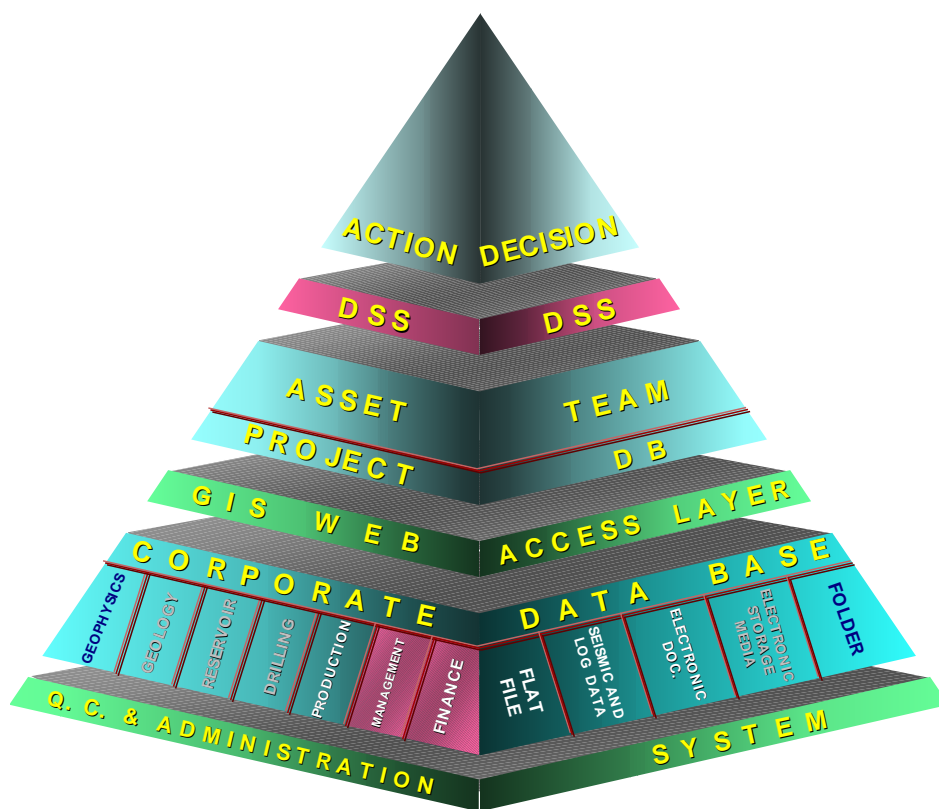


Figure 3 - Decision Pyramid

## EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES: UN ESTUDIO DE SUS MÚLTIPLES POSIBILIDADES EN LAS GEOCIENCIAS.

**DrC. Willy Rodríguez Miranda, MSc.**

Departamento de Geociencias, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, Calle 124 s/n, Marianao 15, Ciudad de La Habana, Cuba, C. Eléct: [willy@civil.ispjae.edu.cu](mailto:willy@civil.ispjae.edu.cu)

### **RESUMEN.**

Durante el procesamiento automatizado de información, el análisis de componentes principales es una de las técnicas de uso frecuente en las investigaciones geológicas. Su empleo permite el trabajo con múltiples variables simultáneamente, de forma tal que en términos prácticos sea posible reducir la dimensión de la matriz de observación original, al descubrir la existencia de un nuevo grupo de variables independientes.

Si bien el propósito inicial del análisis de componentes principales ha sido el de lograr la descripción del objeto u objetos de estudio, no con la matriz de observaciones original, donde generalmente existen variables fuertemente correlacionadas, sino empleando otro nuevo sistema de atributos, calculados a partir de los originales, pero con la condición de que sean ortogonales entre sí. También existe otro grupo importante de aplicaciones del análisis de componentes principales que no son utilizadas generalmente por los especialistas. En esta ocasión precisamente, se muestra la versatilidad del método durante el procesamiento de la información geólogo - geofísica, utilizando para ello su aplicación en la solución de un grupo importante de tareas de interés en las Geociencias.

### **ABSTRACT.**

During the automated processing of information, the analysis of main components is one of the techniques of frequent use in the geologic investigations. The employment of this technique allows the work simultaneously with multiple variables, in such way that is possible to reduce the dimension of the original observations in practical terms, when discovering the existence of a new group of independent variables.

Although the initial purpose of the analysis of main components has been the one of achieving the description of the object or study objects, not with the original observations, where strongly correlated variables generally exist, but using another new system of attributes, calculated starting from the originals, but with the condition that they are to each other orthogonal. Another important group of applications of the analysis of main components that the specialists do not generally use them also exists. In this occasion the versatility of the method is in fact, shown during the processing of the information geologist - geophysics, using for it its application in the solution of an important group of tasks of interest in the Geociencias.



## Introducción.

Se conoce que en numerosas ocasiones al abordar la solución de tareas técnicas, el investigador de las geociencias, se encuentra ante un gran volumen de información que de una forma u otra, será útil para caracterizar el objeto u objetos de interés. Esta situación conduce a la necesidad de trabajar en un espacio p - dimensional, donde puede ocurrir que algunos de los atributos presentes en la matriz de observación disponible estén asociados entre sí, cuestión esta que en lugar de favorecer el proceso de interpretación, en una gran cantidad de ocasiones, perjudica esta tarea.

Si al analizar la estructura de la matriz de observaciones se puede aceptar como válida la hipótesis de que el espacio p-dimensional de los atributos disponibles representa un sistema normal p-multivariado o al menos reducible a él, según la expresión:

$$f(\vec{x}) = \frac{(2\pi)^{-p/2}}{\sqrt{\det V}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \vec{x} - \vec{\mu} \right)^T V^{-1} \left( \vec{x} - \vec{\mu} \right) \right] \quad \text{-----} \rightarrow 1$$

donde:

X: vector columna, cuyos componentes son las variables aleatorias del sistema

$\mu$ : vector columna, cuyas componentes son las medias de las variables aleatorias

$V^{-1}$ : inversa de la matriz de varianza - covarianza del sistema

Entonces, en esta situación es posible utilizar el análisis de componentes principales (ACP) durante el procesamiento e interpretación de la matriz de observación.

## Desarrollo.

Una de las técnicas disponibles por el investigador al trabajar con información multivariada, es precisamente el ACP. Esta técnica, cuyo objetivo esencial, es el de describir el objeto de interés, no con el sistema normal p-multivariado original, sino con otro nuevo, donde los atributos transformados se calculan a partir de los observados, de forma tal que satisfagan las siguientes condiciones:

1. Sean ortogonales, esto es, independientes entre si.
2. De existir redundancia en la información contenida en la matriz original de observaciones, entonces el sistema transformado, que también será normal multivariado, en general sólo incluirá "q" variables independientes, donde "q [ p".
3. En el nuevo sistema normal q-multivariado, los atributos transformados se obtienen según una combinación lineal de los p originales, tal que:

$$Y_i = \sum_{j=1}^p a_{ij} x_j; i = 1, 2, \dots, p \quad \text{-----} \rightarrow 2$$

donde:

$Y_i$ : nuevo atributo i-esimo

$a_{ij}$ : coeficientes que permiten obtener los nuevos atributos

$x_j$ : atributo original j-esimo

Para obtener el nuevo sistema de atributos que cumplen las condiciones anteriores, sólo será necesario

$$F = \left( \vec{x} - \vec{\mu} \right)^T V^{-1} \left( \vec{x} - \vec{\mu} \right) \quad \text{-----} \rightarrow 3$$

que la forma cuadrática:

Adopte su forma canónica, lo que significa que la matriz de varianza - covarianza y su inversa sean diagonalizadas, Esta operación, como se sabe, garantiza obtener los valores propios de  $V^{-1}$  que aparecerán en la diagonal principal colocados en orden decreciente y con los cuales será posible obtener los vectores propios normalizados, asociados a cada valor propio, que permitirán obtener las componentes principales (CP) según:

$$Y_i = \sum_{j=1}^p u_{ji} \frac{(x_j - \mu_j)}{\sigma_j} \quad \text{-----} \rightarrow 4$$

donde:

$Y_i$  : componente principal i-esima

$U_{ji}$  : elemento j-esimo del vector propio i-esimo

$\mu_j$  : valor medio del atributo j-esimo

$\sigma_j$  : dispersión del atributo j-esimo

Finalmente, la importancia relativa de cada CP se evalúa según la expresión:

$$F_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^p \lambda_j} \quad \text{-----} \rightarrow 5$$

donde:

$F_i$  : % de la variabilidad del sistema que aporta la CP i-esima

$\lambda_i$  : valor propio asociado a la CP i-esima

## Aplicaciones.

### 1ro. Eliminar la redundancia del sistema original p-multivariado de atributos.

Como se conoce, esta es la razón de ser esencial del ACP, ya que precisamente al realizar esta transformación se obtiene un nuevo sistema p-multivariado, donde estos nuevos atributos serán linealmente independientes (LI), si se cumplen las premisas del método.

Ejemplo: para estudiar la estructura interna de la matriz de observaciones, durante un estudio geofísico en pozos en la Cuenca Sur de La Habana, se realizó el ACP obteniéndose los siguientes resultados:

Correlación (Variables Originales)						Correlación (Componentes Principales)					
	Prof.	Dp	Ig	Rt	Vf		CP_1	CP_2	CP_3	CP_4	CP_5
Prof.	1.00	-0.37	0.80	-0.16	-0.31	CP_1	1.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
Dp	-0.37	1.00	-0.06	-0.48	0.58	CP_2	0.00	1.00	-0.00	0.00	0.00
Ig	0.80	-0.06	1.00	-0.39	0.02	CP_3	0.00	-0.00	1.00	0.00	-0.00
Rt	-0.16	-0.48	-0.39	1.00	-0.37	CP_4	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
Vf	-0.31	0.58	0.02	-0.37	1.00	CP_5	-0.00	0.00	-0.00	0.00	1.00

## 2do. Empleo de la primera CP como un índice complejo.

Debido a que la información útil suministrada por los atributos originales se sintetiza en las CP en orden decreciente, entonces la primera CP puede ser utilizada en la práctica como un índice complejo, que permite revelar de forma más precisa aquellas señales útiles que se encuentran enmascaradas en fondos muy ruidosos, situación que por demás es extremadamente frecuente en las investigaciones geológicas. En este caso, al aceptar la presencia de un sistema original p-multivariado con distribución normal, ocurre que las CP también estarán distribuidas normalmente y entonces el valor umbral para revelar los valores anómalos podrá ser obtenido según la expresión:

$$Y_i^* = \pm Z_{1-\alpha} \sqrt{\lambda_i} \quad \text{-----} \rightarrow \textcircled{6}$$

donde:

$Z_{1-\alpha}$  : percentil para la distribución normal tipificada

Ejemplo: supongamos en esta oportunidad, la existencia de un objetivo geológico de interés que fue estudiado empleando tres métodos geofísicos diferentes. En este caso, (Alfonso, 1990), se muestra la respuesta esperada para cada uno de los métodos por el objeto buscado y además la respuesta “medida”, considerando como tal la suma de la componente “útil” y un ruido aleatorio que puede ser considerado distribuido normalmente (figura No.1).

## 3ro. Empleo del ACP para separar los efectos regionales y locales de un levantamiento físico cualquiera.

Esta aplicación del ACP es sumamente útil cuando se desea realizar la separación de los efectos regionales y locales de una función arbitraria, cuyo comportamiento es conocido en una región dada. Como ventaja de esta transformación tendremos que:

1. Puede ser utilizada en cualquier área de estudio, por pequeña que sea, sin el inconveniente de la pérdida de información en los bordes, como ocurre con los operadores de separación tradicional.
2. Puede ser utilizado para la separación de los efectos regionales y locales, sobre cualquier campo físico, debido a que sus premisas teóricas no presuponen limitaciones relacionadas con la profundidad de las fuentes y sólo se consideran las características estadísticas de las señales originales.

El procedimiento de cálculo en esta oportunidad parte de considerar la matriz de observaciones formada por los perfiles ubicados en el terreno y entonces se halla la matriz de correlación entre sus columnas, para una vez obtenidas las CP proceder al cálculo de la componente regional según:

$$X_{il}^R = S_l \sum u_{ij} Y_{ij} + x_l \quad \text{-----} \rightarrow \textcircled{7}$$

donde:

$X_{il}^R$  : componente regional en el punto i-esimo del perfil l-esimo

$X_l, S_l$  : media y dispersión estimada en las observaciones del perfil l-esimo

$U_{ij}$  : componente i-esima del vector propio j-esimo

$Y_{ij}$  : valor i-esimo de la j-esima CP



En la práctica sólo es necesario emplear 1 ó 2 CP para obtener la componente regional (figura No.2), mientras que la componente local se estima a partir de la relación:

$$X_{il}^r = X_{il} - X_{il}^R \quad \text{-----} \rightarrow \textcircled{8}$$

donde:

$X_{ij}$  : valor original del campo observado en el punto i-esimo del perfil j-esimo

#### 4to. Empleo del ACP durante la cartografía geológica.

En la práctica, durante el proceso de regionalización territorial los investigadores de las geociencias utilizan una gran cantidad de transformaciones, que en general responden a una u otra característica del entorno geológico bajo estudio. Esta tarea, como se conoce, además de presentar el subjetivismo propio del proceso de interpretación, obliga a utilizar una gran cantidad de mapas obtenidos para las diferentes transformaciones ejecutadas. Precisamente, una forma de sintetizar la información contenida en estos resultados, es emplear el ACP para caracterizar el grado de heterogeneidad presente en el ambiente geológico estudiado, con la consiguiente racionalización de los materiales gráficos y además, poder utilizarlos de manera simultánea en el análisis, cuestión prácticamente imposible visualmente (figura No.3). En este sentido, el autor del presente trabajo ha obtenido muy buenos resultados con las siguientes combinaciones:

1. Utilizando las primeras CP obtenidas a partir de todos los atributos disponibles, como ha sido empleado tradicionalmente en las investigaciones geológicas.
2. Utilizando las primeras CP obtenidas a partir de los mapas de derivadas de los campos observados, fundamentalmente potenciales.
3. Utilizando las primeras CP obtenidas a partir de las imágenes resultantes de aplicar algunas técnicas del procesamiento digital de imágenes, sobre los campos físicos observados.

#### 5to. Empleo del ACP para estimar la profundidad y localización de las fuentes del campo.

Utilizando una generalización del método del gradiente total normalizado (GTN), Rodríguez, 1998, es posible combinar los resultados de esta transformación, tanto para el caso bidimensional como tridimensional, para sintetizando los resultados obtenidos en cada nivel y con diferentes números de armónicos, según el procedimiento desarrollado por Cerkirov (Rodríguez, 1998), establecer la posible ubicación de las fuentes del campo (figura No.4).

#### 6to. Empleo del ACP para realizar el Análisis de Factores.

Se conoce que el análisis de factores (AFACTO), es una técnica de procesamiento multivariado, que consiste en investigar la estructura de correlación del sistema de atributos originales, con el fin de encontrar aquellos factores que controlan diferentes aspectos del sistema p-multivariado, con la particularidad de que estos factores podrán o no, estar correlacionados entre sí y además, no siempre será posible encontrarles una explicación geológica concreta.

En este caso, el ACP puede ser empleado para el calculo de los factores principales según dos variantes:

1. Modo R: cuando se analizan las relaciones entre los diferentes atributos presentes en la matriz de observación y en este caso el AFACTO permite obtener los q-factores principales que controlan diferentes aspectos del sistema (Figura No.5).
2. Modo Q: cuando se utilizan los q-factores principales obtenidos a partir del ACP, para estudiar la posible vinculación de los diferentes puntos sobre el área bajo estudio, en cada uno de los cuales se han medido p-atributos originales. El método de AFACTO empleado en esta variante resultará en una especie de clasificación no supervisada, que permitirá cartografiar las heterogeneidades presentes en el ambiente geológico estudiado, empleando para ello las variaciones propias de cada uno de los p-atributos en cada uno de los puntos de observación.

#### 7mo. Empleo del ACP para evaluar la efectividad clasificatoria de un grupo de atributos.

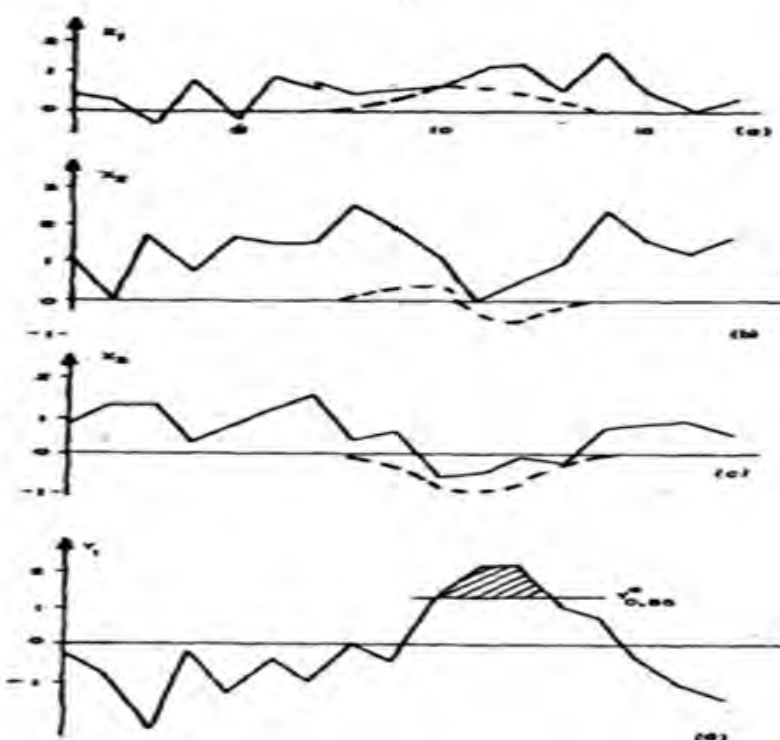
La necesidad de conocer la efectividad geológica de los atributos empleados durante la solución de tareas vinculadas con las técnicas de clasificación siempre reviste una importancia singular. En este sentido el ACP puede ser utilizado como una medida cualitativa de la efectividad de un grupo de atributos para realizar la clasificación. Esta tarea se resume a calcular las dos primeras CP utilizando para ello la muestra de entrenamiento (ME) disponible y posteriormente realizar la representación gráfica de todos los puntos que conforman la ME en el plano formado por estas dos primeras CP. El poder clasificatorio del subconjunto de atributos podrá ser validado de forma visual en dicho gráfico de dispersión (figura No.6).

### **Conclusiones.**

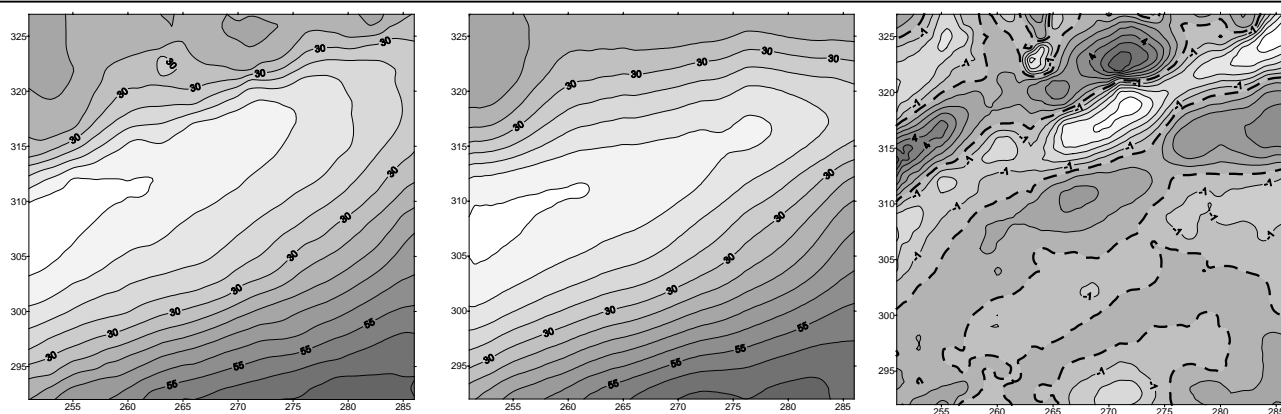
Se demuestran las múltiples posibilidades del método de componentes principales durante el procesamiento e interpretación de información en las Geociencias. La amplia variedad de aplicaciones presentadas en este trabajo, permiten asegurar que las potencialidades de su utilización aún no son totalmente utilizadas por los especialistas vinculados a las investigaciones geológicas y reafirman la versatilidad de esta técnica de procesamiento multivariado, sobre todo durante el tratamiento digital de la información primaria.

### **Bibliografía.**

- Alfonso, J.R.; 1990. Estadísticas en las ciencias geológicas. Tomos I y II. Editorial ISPJAE, Ciudad de La Habana.
- Rodríguez, W.; 2000. Regional Generalization in Support of Geologic Mapping. Journal of Environmental Hydrology, USA. Paper 7, Volume 8.
- Rodríguez, W.; 1998. Nueva metodología para la interpretación de campos potenciales y aerospectrométricos durante la cartografía geológica. Tesis de Doctor en Ciencias Técnicas. ISPJAE, Ciudad de La Habana.
- Valcarce, R.; 1998. Evaluación de las propiedades hidrogeológicas de acuíferos carsícos empleando un complejo mínimo de registros geofísicos de pozo. Tesis de Doctor en Ciencias Técnicas. ISPJAE, Ciudad de La Habana.

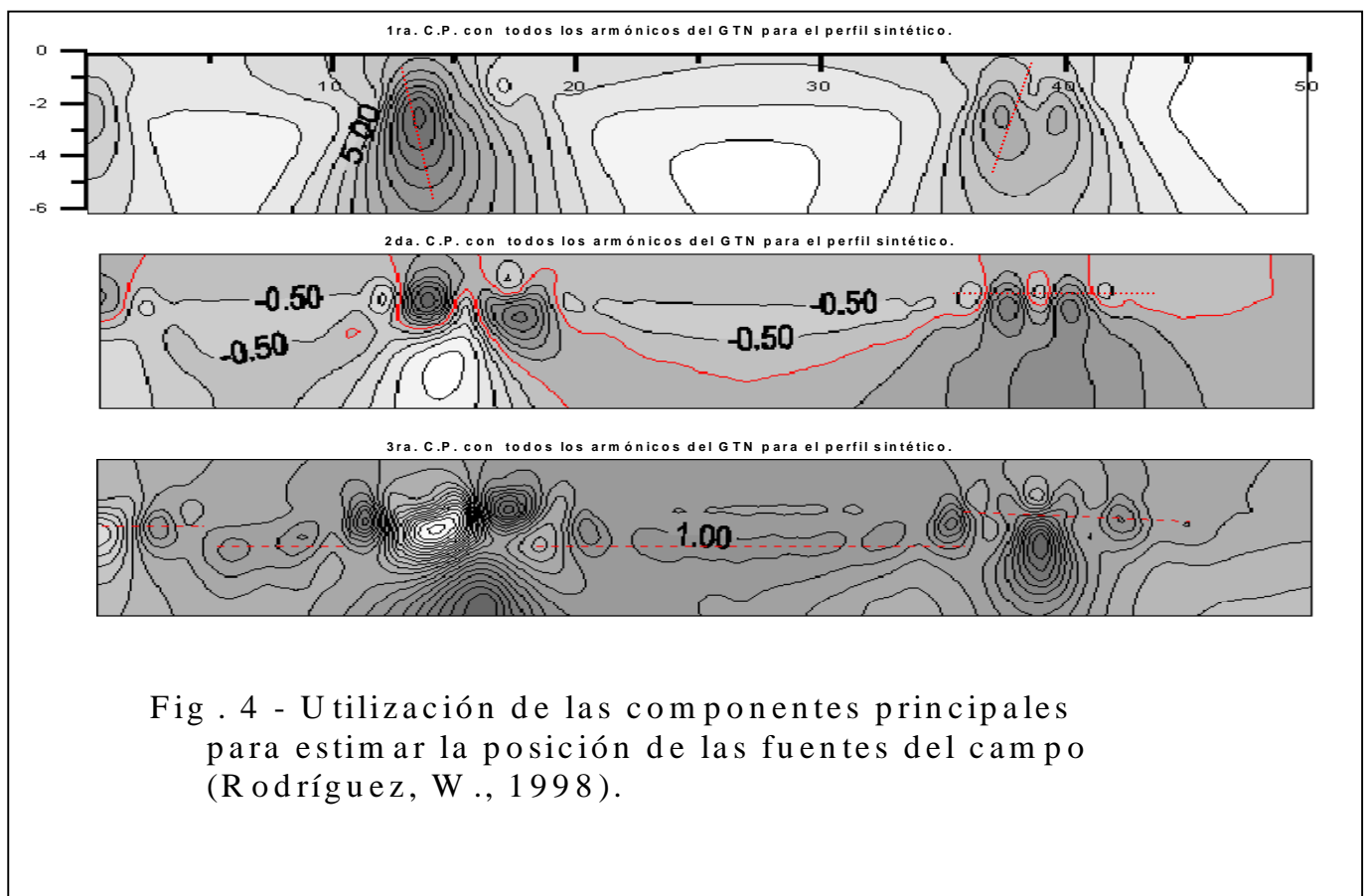
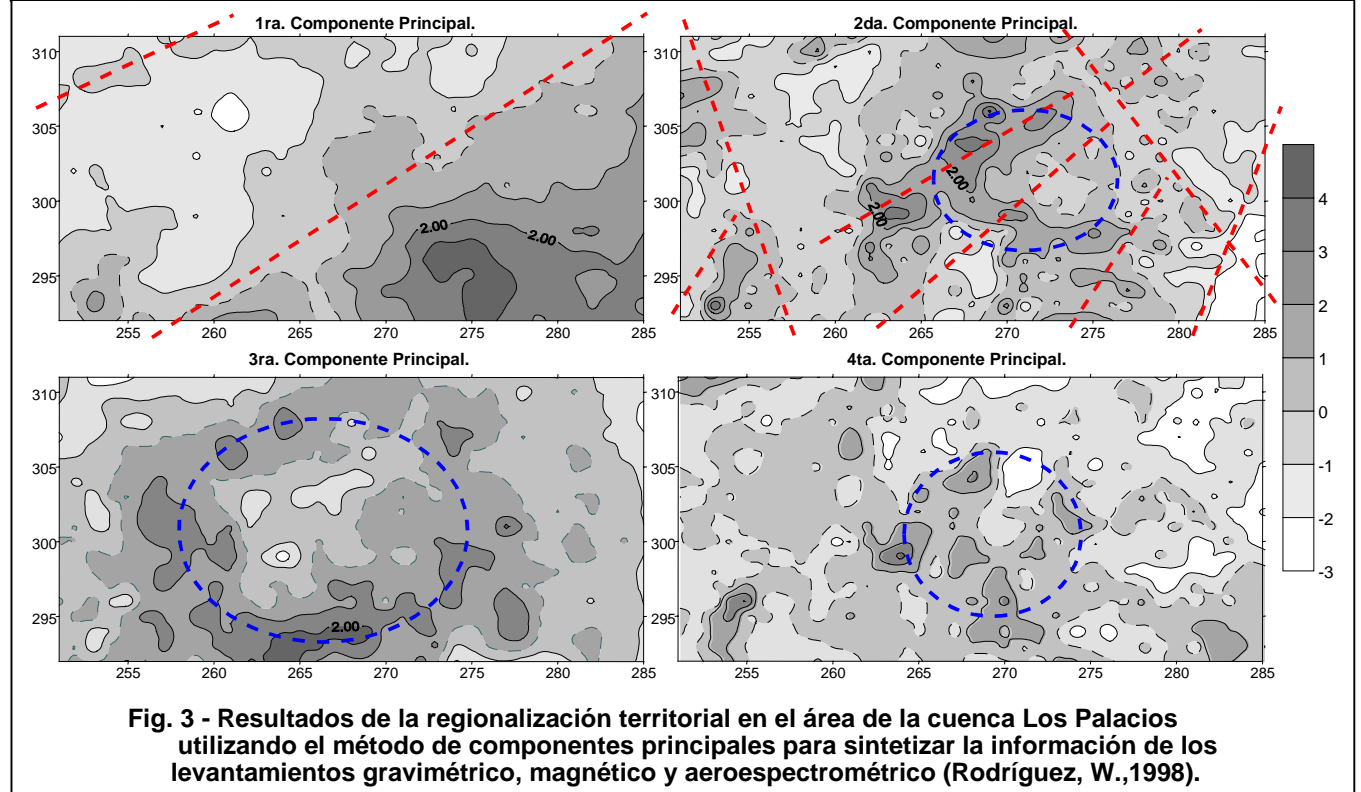


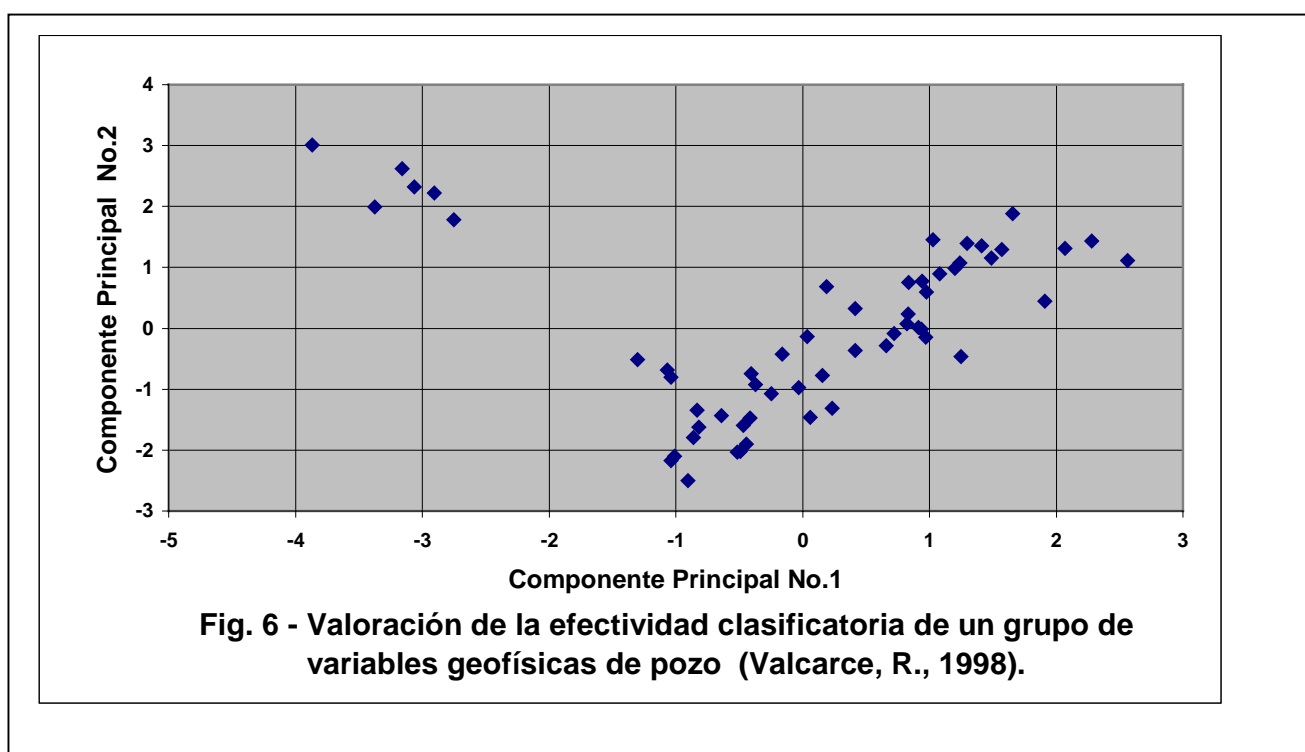
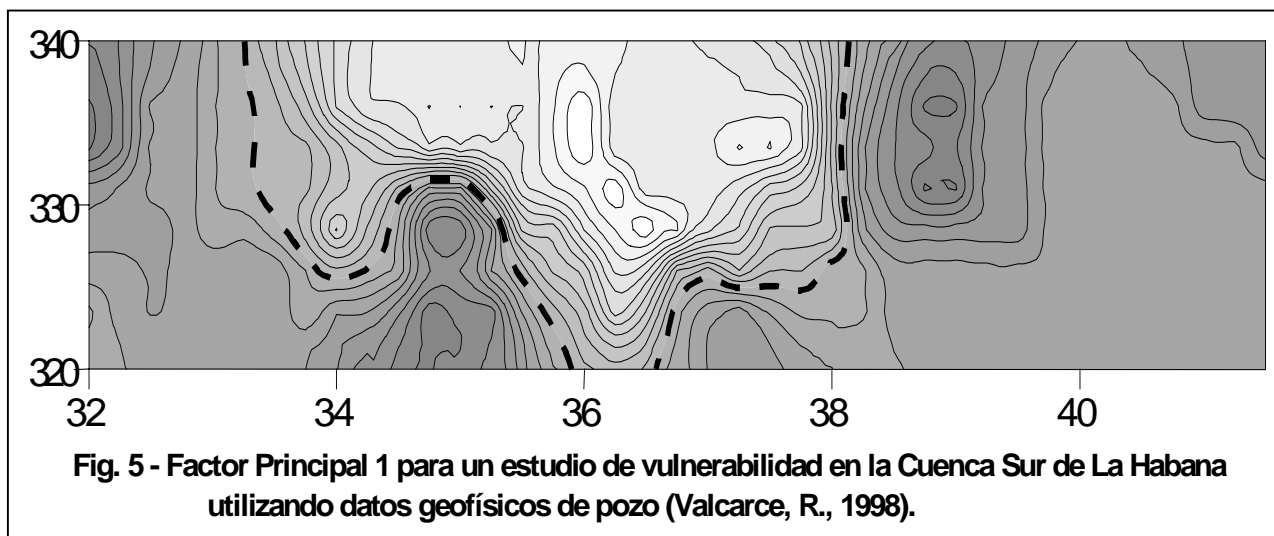
**Fig. 1 – Empleo de la Primera Componente Principal como un índice complejo (Alfonso, J., 1990).**



**Campo Gravimétrico en La Cuenca "Los Palacios". Regional utilizando la 2da. Componente Principal. Residual utilizando la 2da. Componente Principal.**

**Fig. 2 - Separación Regional - Residual empleando el Método de Componentes Principales. (Rodríguez, W. 1998).**







## SISTEMA EXPERTO PARA RECONOCIMIENTO DE MINERALES AL MICROSCOPIO POLARIZADO

**Carlos Alberto Vargas Jiménez<sup>(1)</sup> y Jorge Andrés Quintero Toro<sup>(2)</sup>**

(1) Universidad de Manizales, Carrera 9ª No. 19-03, Manizales, Caldas, Colombia. C. Eléct.:  
[jaq@um.umanizales.edu.co](mailto:jaq@um.umanizales.edu.co)

(2) Universidad de Manizales, Carrera 9ª No. 19-03, Manizales, Caldas, Colombia. C. Eléct.:  
[cvargas@um.umanizales.edu.co](mailto:cvargas@um.umanizales.edu.co)

### RESUMEN

Se trata de aplicar Inteligencia Artificial al proceso manual de identificación de minerales, implementando un Sistema Experto Probabilístico para el reconocimiento de minerales al microscopio polarizado. El Sistema se basa en probabilidades no condicionadas (Teorema de Bayes) para la identificación y clasificación de minerales. El usuario selecciona las características relevantes que observa en el mineral y el Sistema Experto utiliza esa información y su base de conocimientos para entregar al usuario la lista de los minerales más probables con su respectiva probabilidad.

La identificación de minerales generalmente se realiza con base en la experiencia del experto o consultando numerosos manuales que especifican las diferentes características de cada mineral. Con el Sistema Experto se libera al usuario de la necesidad de consultar los libros, agiliza el proceso y permite que el proceso de identificación de minerales al microscopio polarizado pueda ser desempeñado por personas que no sean expertas en la labor.

Para el desarrollo del sistema se hizo un análisis del proceso y estudio del conocimiento a través de entrevistas con los expertos y múltiples prácticas de identificación de minerales en secciones delgadas. Así mismo se estudiaron los métodos de identificación sistemática para determinar las características relevantes de cada mineral. Se utilizó el marco sistemático para identificación mineral de Kerr, una metodología que parte estableciendo las probabilidades de ocurrencia mineral con 63 características diagnósticas para un total de 141 especies minerales.

El sistema desarrollado fue probado por varios expertos en mineralogía óptica y la identificación realizada por el sistema tuvo un éxito del 95%.

También se constituye en una buena herramienta para la enseñanza de mineralogía óptica, por la rapidez para el diagnóstico y debido a su amplio catálogo de minerales con fotografías y características de cada uno.

Por ser un sistema de tipo probabilístico se notó que entre mayor sea el número de parámetros que se ingresan al Sistema Experto mayor es la probabilidad de acertar del mismo.



## APLICACION DE ESTUDIO DE IMAGENES EN RESERVORIOS NATURALMENTE FRACTURADOS.

**Dania Brey del Rey y Osvaldo López Corzo**

*Centro de Investigaciones del Petróleo, Washington # 169 esquina Churrucá, Cerro, Ciudad de La Habana, Cuba. E.mail : [brey@ceinpet.inf.cu](mailto:brey@ceinpet.inf.cu)*

### RESUMEN

La porosidad y la permeabilidad en las secuencias carbonatadas fracturadas son muy variables dentro del mismo pozo como en pozos aledaños por lo que precisa de la mayor cantidad de estudios tanto desde el punto de vista litofacial como de sus características de reservorio.

En el presente trabajo se aplica el estudio de imágenes digitales por medio de un programa donde se puede caracterizar el espacio poroso de una forma rápida y obtener resultados preliminares acerca de las características del reservorio.

Se toma como ejemplo un pozo de la secuencia Jurásico-Neocomiano donde el núcleo presenta una litofacies de musstone calcáreo intensamente fracturado. En el núcleo analizado aparecen además de las fracturas otros tipos de porosidad que mejoran la calidad del mismo. Como son la vulgar, la de brecha (interpartícula secundaria) que ocurre por la intensificación de la fracturación y la intercrystalina.

Al impregnar las muestras se ponen de manifiesto todas las porosidades y éstas pueden ser tratadas por la presente metodología. Lo que sirve de apoyo a las interpretaciones convencionales del estudio del reservorio.

### ABSTRACT

Porosity and permeability in fractured carbonate sequences are varied within a well as in near ones. Because of this a greets quantity of studies are needed, in the lithofacial sense and in the reservoirs sense.

In this paper is applied digital images techniques, after a program for porosity characterization, obtained in a brief time, and for reaching preliminary results about reservoir characteristics.

It's shown a well belonging to Jurassic-Neocomian sequences, where the selected core exhibits mudstone lithofacies strongly fractured. Moreover, exhibits another porosity types that improved the reservoir quality, just like vuggy, breccia (secondary interparticle) and intercrystalline ones. After color saturation, can be observed all porosity types and, then, we can apply the present methodology.



## INTRODUCCION

Los Reservorios Naturalmente Fracturados son muy complejos para su estudio por lo que se requiere la aplicación de técnicas de avanzada. Lo más importante en ellos es la porosidad secundaria que es la creada en la roca después de la deposición y causada por la disolución de los granos y cristales inestables en el cemento o la facturación provocada por los stress tectónicos y el efecto de los procesos de presión solución.

Estos procesos fueron los que afectaron a las rocas reservorios de edad Jurásico-Neocomiano en los yacimientos de la Costa Norte Cubana. De forma general al analizar los carbonatos pelágicos que sufrieron una intensa facturación, nos encontramos que se comportan con porosidades de tipo interpartícula secundaria (de brecha), vugulos y fracturas.

La porosidad y la permeabilidad en las secuencias carbonatadas son variables por lo que es importante el control de las litofacies y de la porosidad. Con estos podremos definir las características y la calidad del reservorio. La calidad del reservorio se predice desde el estudio inicial de un cutting o en los núcleos.

Por los métodos convencionales de estudio de las muestras de un pozo podemos determinar los parámetros como son los de porosidad, permeabilidad con la observación en secciones delgadas de las características del espacio poroso presente y con la utilización de fórmulas se pueden dar resultados cuantitativo de las mediciones. Pero este método es muy engorroso y demora mucho tiempo. Por lo que teniendo en cuenta lo antes expresado nos dimos a la tarea de probar esta metodología utilizada para carbonatos con porosidad primaria.

## METODOS

En la investigación se utiliza como base las muestras (secciones delgadas) de los núcleos del pozo Boca de Jaruco 195, donde la fracturación fue tan intensa que dio como resultado la formación de porosidad interpartícula fundamentalmente es decir es un reservorio con buenas propiedades de porosidad y permeabilidad probadas por los métodos convencionales y que presenta entrada de petróleo.

En dicha metodología es requisito imprescindible que las muestra seleccionada tengan características macroscópicas donde se observe por lo menos un mínimo de porosidad. Las mismas fueron posteriormente impregnadas con epóxido y colorante azul (blue dye), Esta resina penetra en todos los espacios vacíos, obteniendo la porosidad real de dicha muestra. Al aplicar la técnica de captar por una cámara de vídeo instalada al microscopio petrográfico (polarizado) Laica. Se tomaron 20 imágenes con



aumento 25x en un área aproximada de 1cm<sup>2</sup> , para ser procesadas por el programa. Tenemos entonces un reconocimiento del espacio poral existente.

Aplicamos el estudio de las técnicas de imágenes en las rocas (secciones delgadas) Las imágenes capturadas deben ser como máximo 20 y no menos de 10 imágenes para tener un barrido de la sección delgada en su totalidad y contar con la mayor información posible de la muestra.

## ADQUISICION DE LA IMAGEN Y PROCESAMIENTO

En la utilización del programa IMAGO tendremos que hacer un filtrado de la imagen digital que servirá para hacer el procesamiento posterior de la misma y lograr la imagen binaria que es con la cual se trabajará. La imagen binaria o reconstruida tiene los mismos momentos estadísticos de la imagen original. (C. P .Fernández. et. al.,2000). Con la binarización obtenemos un espectro a diferentes escalas de los elementos de la porosidad, así como la distribución del tamaño de los poros.

A partir de aquí se puede determinar diferentes parámetros cuantitativos y cualitativos como son: porosidad, morfología y distribución del espacio poroso, su representación en curvas frecuenciales, radio de los poros con sus conexiones.

## APLICACION

Este programa lo estamos poniendo a prueba en nuestro centro como método de obtención de resultados de forma rápida y poder predecir si el reservorio presenta calidad de forma preliminar.

Tomamos como ejemplo para ilustrar dicha técnica el pozo Boca de Jaruco 195 Núcleo 1 que se encuentra a la profundidad de 1974- 1978 m. El mismo es ubicado en una litofacies de mudstone calcáreo intensamente fracturado con desarrollo de porosidad de brecha (interpartícula secundaria) con una matriz microgranular rellena de petróleo. El núcleo macroscópicamente presenta procesos de lixiviación que originaron vugulos y microvugulos por los planos de estratificación y en las fracturas de primera y tercera generación que está selladas por calcita.

Mostramos las fotos digitales tomadas a las muestras, así como la binarizada. (foto 1 y 2)

En el ejemplo obtenemos resultados de porosidad por cada imagen analizada y al final tendremos una media de la porosidad de dicha muestra. A continuación mostramos tablas de resultados:

POZO	FOTO	POROSIDAD (%)	MEDIA DE POROSIDAD
Boca de Jaruco 195 Núcleo 1	A	4.77	5.74 %
	B	4.29	
	C	5.08	
	D	3.38	
	E	8.72	
	F	6.89	
	G	4.51	
	H	1.12	
	O	6.63	
	I	4.55	

Por medio de dicho programa determinamos el radio de los poros y es representado en una curva de distribución frecuencial. Debemos señalar que aquí obtenemos todos los espacios vacíos sin tener en cuenta que tipo de porosidad sea la que predomine. Claro esta, siempre a las muestras se le hará una clasificación previa donde podamos determinar cual es el espacio poroso presente.(Foto 3)

En este gráfico podemos ver la distribución del radio de los poros presente en la foto BJ. 195 O. Observamos que existe un predominio de Poros Tipo I, con radios de 2-4  $\mu\text{m}$  con una frecuencia entre un 2-8%%. Lo que nos indica que los poros presentes son muy pequeños, pero se encuentran conectados algo muy importante para la movilidad del petróleo. Este tipo de poros los puede correlacionarse con las zonas donde la roca esta más afectada por la fracturación y que no esta cementada por calcita, es decir donde predomina la porosidad de tipo brecha o interpartícula secundaria.

Existen otros Poros Tipo II, con radio entre 4-7.5  $\mu\text{m}$  que llega a estar entre un 2-4% de pero que no aportan nada a la permeabilidad de la roca y que lo podemos enmarcar en vugulos aislados aunque vacíos que presentan poca o nada de comunicación. (Fig.2).

Por último Poros Tipo III, que tiende 7.5-10 $\mu\text{m}$  con una frecuencia menor de 2%, no conectados que podemos relacionarlo con vugulos aislados o porosidad intercrystalina.

Otro ejemplo es el de la muestra BJ 195 E, donde se obtiene un gráfico de auto correlación donde expresa la distribución de los poros en la muestra, su conexión y la frecuencia de los mismos. Esto no es más que la caracterización morfológica del espacio poroso. (Fig. 3 y Foto 4). Aquí observamos que la muestra presenta iguales características que la anterior.

Las muestras que tienen solamente fracturas abiertas no fueron analizadas en esta investigación.



## CONCLUSIONES

En nuestro ejemplo hemos querido demostrar que podemos obtener resultados de forma rápida que nos permiten dar una idea de cómo se comporta el reservorio desde el estudio preliminar de una muestra del núcleo.

Es utilizada en la comparación con los valores de porosidad determinados por la interpretación de los registros geofísicos y con los resultados de petrofísica. Esto reduce el tiempo de trabajo para lograr tener una idea general del comportamiento de las rocas del reservorio.

Obtenemos tres tipos de porosidad donde los resultados son relacionados con tipos de poros presentes en la roca:

Poros de Tipo I: con radios de poros entre 1-4 $\mu$ m relacionados con porosidad interpartícula y conectados.

Poros de Tipo II: con radios de poros 4-7.5 $\mu$ m relacionados con vórgulos abiertos con poca comunicación.

Poros de Tipo III: con radios de 7.5-10 $\mu$ m relacionados con vórgulos aislados o porosidad intercrystalina no conectados.

Con el procesamiento de las imágenes binarizadas mostramos en la tabla los resultados de las porosidades para cada imagen y la media de la porosidad para el núcleo en estudio.

## BIBLIOGRAFIA

*Ehrlich, R., Cobaleda G. Y Ferm B. 1977. Relación entre tipos de poro petrográficos y mediciones de corazones en areniscas de la Formación Monserrate, Valle Superior del Magdalena, Colombia. Revista Ciencia, Tecnología y Futuro. Vol. 1 No 3 pag. 5-17.*

*Ehrlich, R., Crabtree S. J., Kennedy S. K y Cannon R. L. 1984. Petrographic image analysis I- analysis of reservoir pore complexes, Jour. Sed. Pet., 54(4): 1.365-1.376.*

*Fernandes Celso P., Philippi Paulo C. 2000. Apuntes del curso de Técnicas de Imágenes. Brasil.*

*Fernandes Celso P., Philippi Paulo C. 2000. Metodología para caracterización de Reservorios a partir de Imágenes. Brasil.*



Fig. 1: Metodología



Foto 1: Imagen Digital

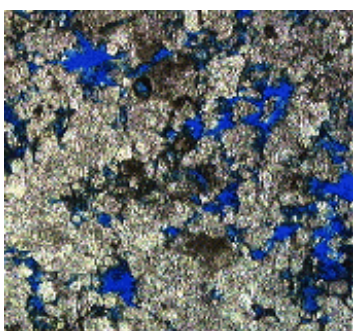


Foto 2: Imagen binarizada

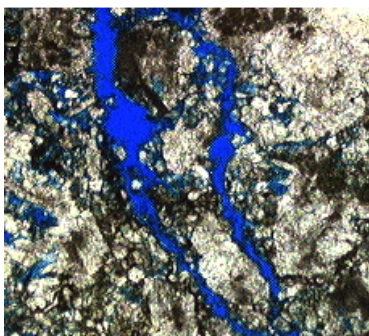
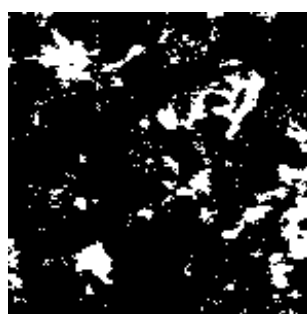


Foto 3: Imagen digital de una sección delgada que presenta fracturas abiertas y pequeños vugulos. BJ 195 H

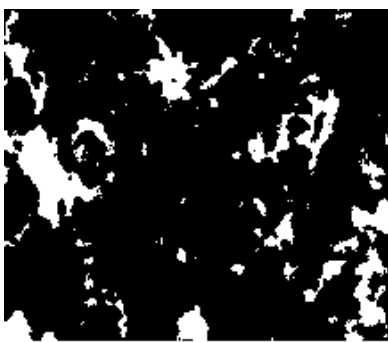


Foto 4: Imagen binaria de la imagen digital BJ 195 E



Fig. 2 Gráfico de distribución frecuencial del radio de los poros presentes en la imagen BJ 195 O.

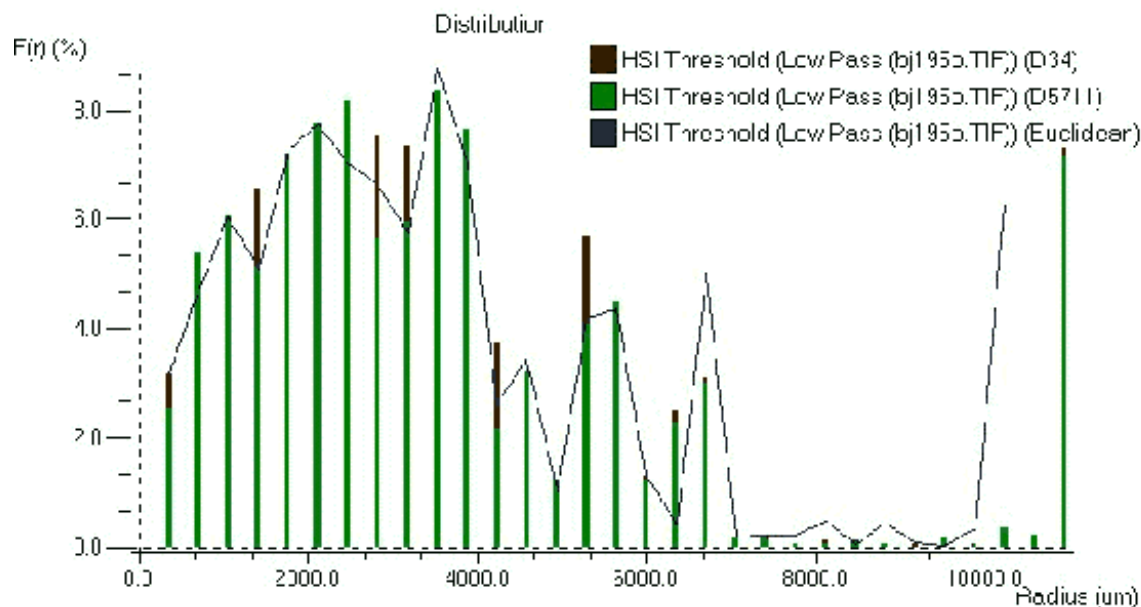
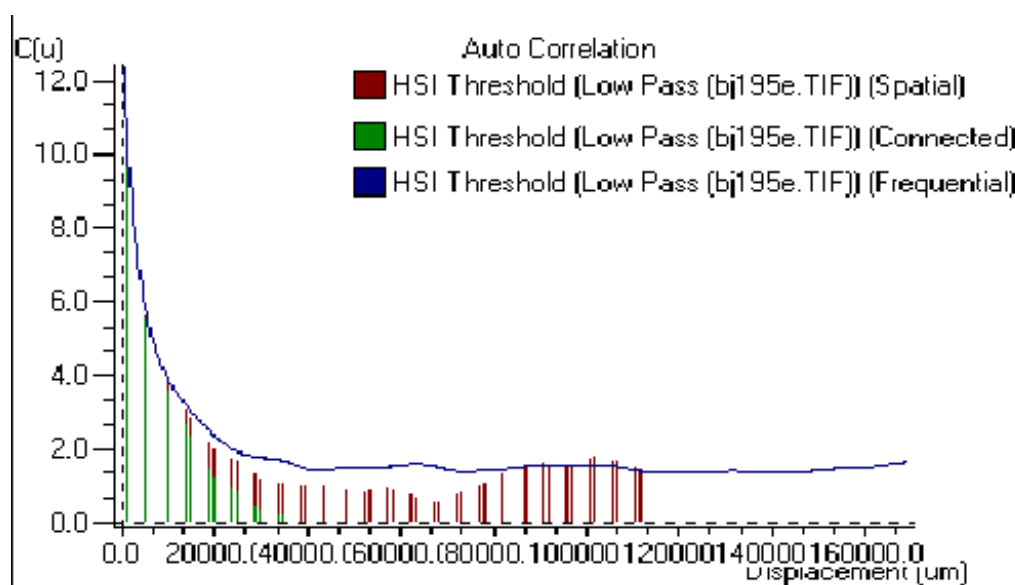


Fig. 3 Gráfico de autocorrelación para la distribución de poros.



## **EL MODELO DIGITAL DEL TERRENO Y EL USO DEL CRITERIO GEOMORFOLÓGICO PARA LA BÚSQUEDA DE YACIMIENTOS MINERALES.**

**Dr. Guillermo Casarreal Valdés \***  
**MSc. Orestes Díaz Valdés \***  
**Ing. Wilman M. Oliva Márquez \***

**\* Universidad de Pinar del Río, Cuba**

### **RESUMEN**

Los Modelos Digitales del Terreno (MDT), también llamados Modelos de Elevación Digital han adquirido una gran popularidad e importancia en los últimos años al utilizarse conjuntamente con otros datos dentro de los Sistemas de Información Geográfica en diferentes campos del saber humano y entre ellos la Geología.

Existen diferentes vías o métodos para la elaboración u obtención de los MDT. En el presente trabajo se expone la metodología utilizada para la creación del MDT de un área de 35 Km<sup>2</sup> en una zona del Noroeste de la provincia de Pinar del Río, así como el procesamiento del mismo para la definición o delimitación de las zonas favorables para la localización de yacimientos de minerales metálicos según criterios geomorfológicos conocidos y establecidos para esa región de Cuba.

**PALABRAS CLAVE: Modelo Digital del Terreno, Sistemas de Información Geográfica, Búsqueda de Yacimientos.**

### **ABSTRACT**

The Digital Terrain Models or Digital Elevation Models (DEM), have acquired a great popularity and importance in the last years upon their utilization with other data within the Geographical Information Systems in several fields of the human knowledge and among them Geology. There are several ways or methods for the elaboration of the DEM. In this work is exposed the methodology utilized for the creation of the DEM of an area of 35 Km<sup>2</sup> in Pinar del Rio province Northwest zone, as well as the processing for the definition of favorable zones for the localization of metallic mineral deposits according to well-known and established geomorphological criterias for that region of Cuba.

**KEY WORDS: Digital Terrain Models, Geographical Information Systems, Mineral Prospecting.**

### **Introducción.**

En la actualidad se utilizan diferentes técnicas para la creación de los Modelos Digitales del Terreno (Gutierrez, 1994; Moldes, 1995; Nixon, 1995; Swan, 1986). Las más utilizadas son:

- 1- A partir del procesamiento de los datos del Radar de Apertura Sintética (SAR).
- 2- Mediante técnicas de autocorrelación con fotos aéreas o imágenes de satélite.
- 3- Utilizando los mapas o cartas topográficas existentes en el área de estudio.
- 4- Realizando un levantamiento topográfico del área con su posterior procesamiento.

Las técnicas 1 y 2 son precisas, pero son caras y de difícil acceso para muchos investigadores e instituciones. La número 4 tiene la gran desventaja de que requiere de un gran tiempo de trabajo para poder recolectar la información necesaria para la elaboración del modelo.

La 3ra. vía es accesible y económica, tanto en el sentido del tiempo como en el de los recursos, siempre que se disponga de la base cartográfica y de varios sistemas computacionales con una configuración o equipamiento mínimo.

A lo anterior debe agregarse que es muy importante considerar los errores que pueden cometerse tanto en el proceso de captura de los datos del mapa original como en los procedimientos de cómputo necesarios para la creación del MDT (Agumya, 1997; Nixon, 1995; Swan, 1986).

### **Metodología para la creación del MDT.**

Se partió del mapa topográfico a escala 1:25 000 (edición de 1991) de un sector del Noroeste de Pinar del Río. Mediante un Scanner se obtuvo una imagen de alta resolución de un área de 35 Km<sup>2</sup> (7 X 5 Km) de la carta topográfica.

Esa imagen fue procesada con el módulo **IMAGE** del Sistema **TELEMAP**, para mejorar el contraste y el brillo de la misma y obtener la nitidez necesaria para el trabajo de digitalización o vectorización.

Utilizando el módulo **Vect** del propio sistema se procedió a la digitalización de las curvas de nivel. En este proceso se garantizó un mínimo de 12 puntos por centímetro en las isolíneas del mapa base y además con una mayor densificación en las inflexiones, tal y como se aconseja en la literatura especializada (Gutierrez y Gould, 1994; Moldes, 1995; Nixon, 1995; Pattillo, 1995).

Como resultado de este proceso se obtuvo un fichero ASCII de trios de valores XYZ con un total de 13097 puntos, que llamamos puntos base.

Seguidamente se procedió a la obtención de la red regular o GRID con un espaciamiento o tamaño de celda de 25 m. En este proceso se utilizaron diferentes técnicas: Inverso de la distancia con búsqueda radial, promedios móviles, círculos de confianza, Kriging y una combinación de varios métodos asignándole pesos a cada uno.

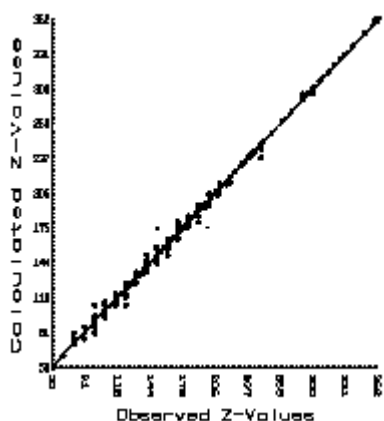
Se escogió como modelo final el de menor error de ajuste, es decir, se seleccionó el método que diera una menor media de los residuos (diferencia entre el valor de Z en un punto base y el valor de Z en el modelo para ese mismo punto). En la figura 1 se muestra el gráfico de regresión entre los valores observados (base) y los calculados (modelo).

Como puede observarse, el error de ajuste del modelo ( $E_a=1,0275$  m) es permisible si consideramos que el error para el mapa topográfico a escala 1:25 000 es de 5 m.

Es importante señalar que no debe considerarse este error de ajuste como una medida total de la

precisión en la creación del MDT ya que hay un proceso de digitalización, que como toda actividad de medición o captura de datos, evidentemente conlleva un error (Davis, 1973). A este error lo llamamos error de captura de datos ( $E_c$ ).

Para valorar la magnitud de ese error se hace necesario tomar un número determinado



**Sumario estadístico:**

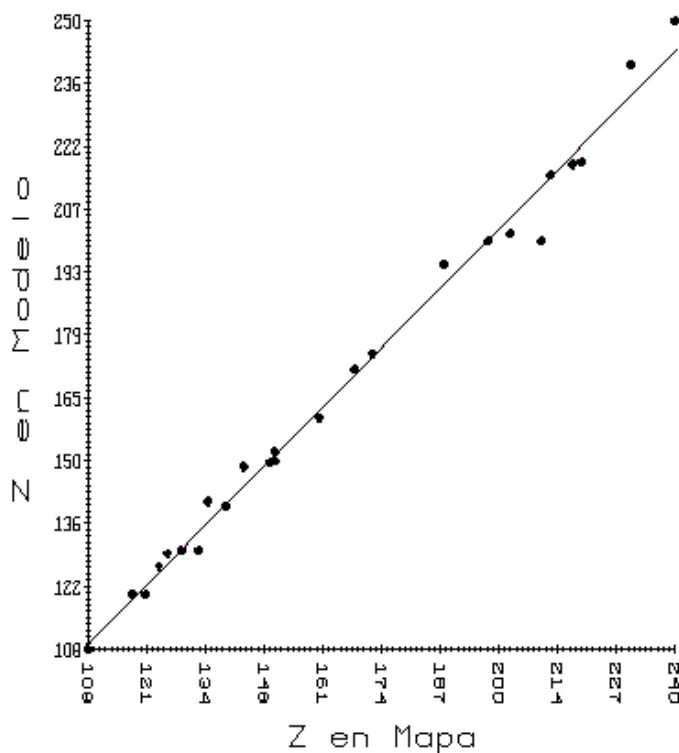
No. de puntos .....13097  
Covarianza.....2196.68  
Coef. de correlación .....0.99  
Media de residuos .....0.007  
ERROR .....1.0275 m

Figura 1. Análisis del error de ajuste del modelo

de puntos y calcular el error medio cuadrático de la diferencia entre el modelo y el mapa original:

$$E_c = 1/N \sum (Z_{mi} - Z_{ci})^2$$

Se tomaron 250 puntos en este procedimiento y se obtuvo un error de 0,92 m, tal y como se puede observar en la figura 2.



**Sumario estadístico:**

No. de puntos .....250  
Covarianza .....1631.6  
Coef. de correlación .....0.995  
ERROR .....0.92 m



Figura 2. Análisis del error de captura de datos.  
Podemos plantear entonces que el error de nuestro modelo es la suma de los dos errores analizados anteriormente

$$E = E_a + E_c = \pm 1,95 \text{ m}$$

El modelo elaborado se presenta en la figura 3 con un efecto de sombreado y en la 4 se puede observar una vista 3D del mismo desde el suroeste con una elevación de  $45^\circ$

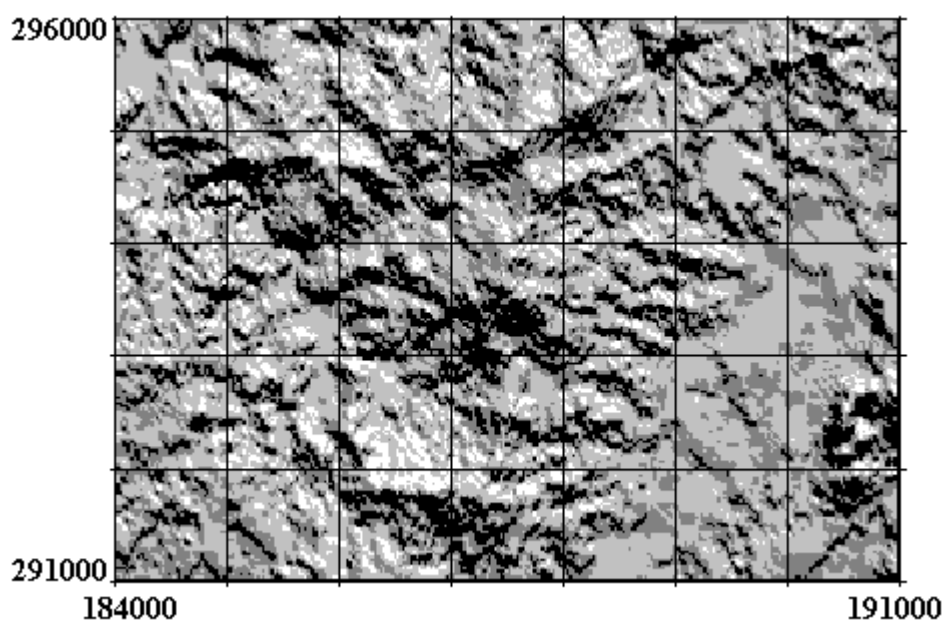


Figura 3. Modelo digital del terreno del área de estudio con iluminación desde el NE

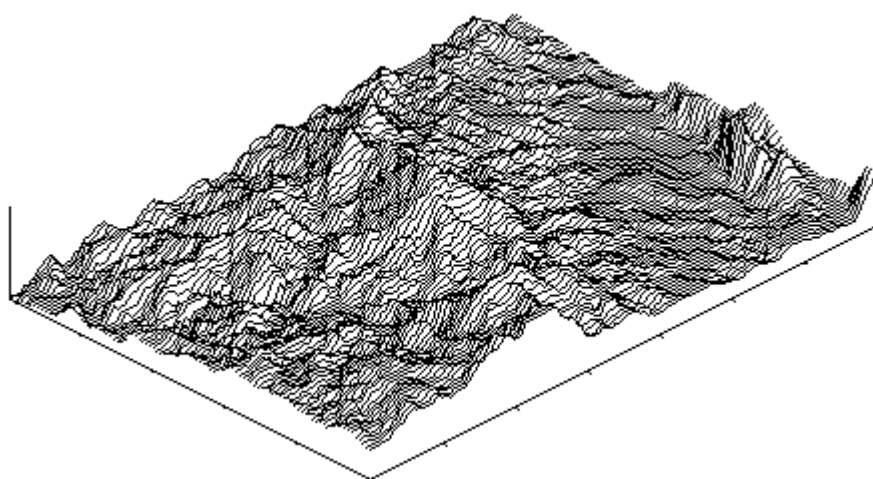


Figura 4. Vista 3D del modelo (desde el SW con una elevación de  $45^\circ$ ).

### Utilización del modelo para la búsqueda de yacimientos minerales.

Varios autores han planteado la existencia de una relación entre la ubicación de los yacimientos y manifestaciones minerales y la topografía del terreno en toda la provincia metalogénica del noroeste de Pinar del Río (Fernández de Lara, 1993). Esta relación radica en el hecho de que las acumulaciones minerales conocidas hasta la fecha se localizan en formas positivas del relieve, bien en la cima de colinas o en las partes superiores de las laderas. Esto es explicable desde el punto de vista geológico si consideramos que las alteraciones relacionadas con la mineralización hacen a las rocas mas resistentes a la acción de los agentes erosivos.

Lo planteado anteriormente nos da elementos para considerar a la geomorfología como un índice mas para la búsqueda de yacimientos minerales en la mencionada zona, en el contexto de la interpretación compleja de datos geólogo-geofísicos que se realiza por varias instituciones de nuestro país y también en otros países. Sobre todo cuando se utilizan las tecnologías de los Sistemas de Información Geográfica (Casarreal y otros, 1996; Fernández de Lara, 1993; Truebe, 1994).

El modelo creado fue procesado con el Sistema IDRISI, con el cual se le realizaron varias transformaciones (Eastman, 1992).

Primeramente se hizo el análisis de la tendencia del relieve y se separaron las formas positivas del mismo, es decir, las elevaciones. Seguidamente se confeccionó el mapa de pendientes, el cual se clasificó para obtener el mapa de pendientes entre 15 y 60°. Ambos mapas se superpusieron y después se estableció una zona de influencia o buffer de 200 m, obteniéndose el mapa de la Figura 5, el cual contiene las áreas favorables para la localización de yacimientos desde el punto de vista geomorfológico.

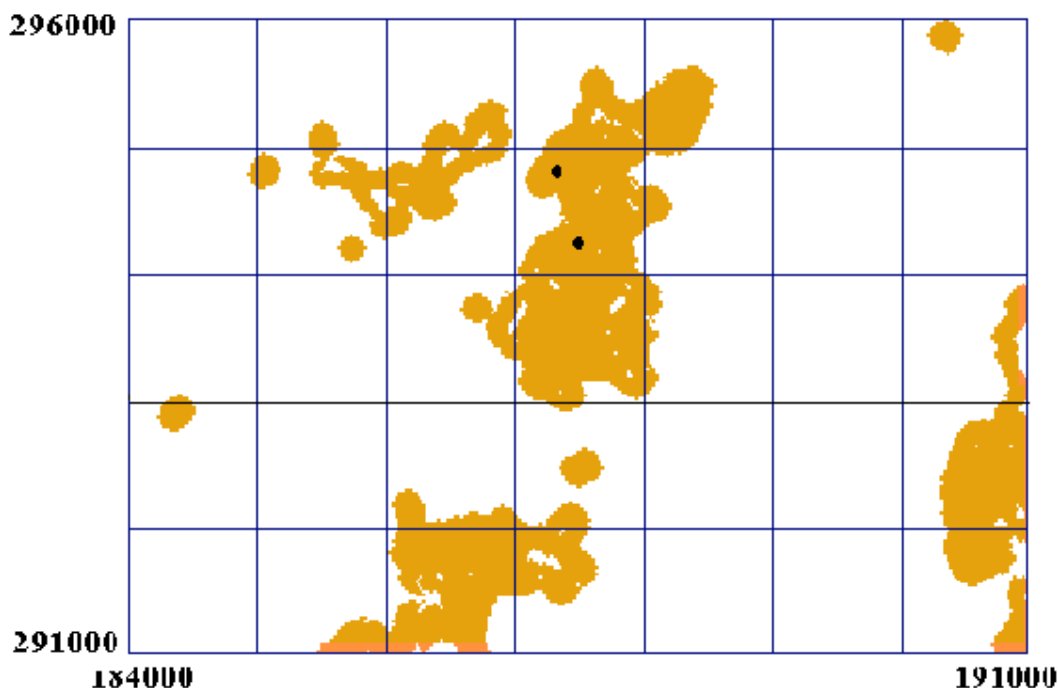


Figura 5. Zonas favorables

Es interesante señalar que 2 yacimientos conocidos de ese sector se encuentran en las llamadas zonas favorables, tal y como se señalan en la figura 5.

### **Conclusiones y Recomendaciones**

Si se dispone de los sistemas mencionados, es posible confeccionar un modelo digital del terreno a partir de la carta topográfica. Es importante considerar en este proceso tanto el error de ajuste del modelo como el de captura de datos.

A partir del MDT se pueden confeccionar los mapas derivados necesarios para elaborar un nuevo mapa que delimite las zonas que cumplan ciertas y determinadas condiciones, favorables para la localización de algunos tipos de yacimientos minerales. Este mapa resultante puede integrarse posteriormente en una evaluación multicriterio para la búsqueda de esos yacimientos.

Se recomienda utilizar esta metodología para otras provincias o zonas minerales de nuestro país y valorar su efectividad.

### **Bibliografía.**

- 1.- Agumya, A., Hunter, G. 1997. "Determining fitness for use of geographic information". ITC Journal. 1997-2. The Netherlands. pp 109-113.
- 2.- Casarreal, G., Díaz, O., Fdez. de Lara, R. 1996. "Superposición de mapas con modificación de atributos, una técnica de procesamiento e interpretación de datos geólogo-geofísicos". Resúmenes I Simposio de la Minería "Matahambre'96", Pinar del Río y Resúmenes III Simposio de Geofísica, La Habana, Cuba.
- 3.- Davis, J. C., 1973. "Statistics and data analysis in geology". John Wiley & Sons, New York, USA.
- 4.- Eastman, J. R., 1992. "IDRISI - User's guide". Clark University press. Massachusetts, USA.
- 5.- Fdez. de Lara, R. 1993. "Confección del mapa pronóstico para mineralización sulfurosa asistido por métodos matemáticos en la región del Distrito Metalogénico Dora-Francisco, P. del Río". Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Geológicas. CUJAE, C. Habana.
- 6.- Gutierrez, J., Gould, M. 1994. "SIG: Sistemas de Información Geográfica". Editorial SINTESIS, Madrid. España. (251 pp).
- 7.- Moldes, F. J., 1995. "Tecnología de los Sistemas de Información Geográfica". Editorial RA-MA, Madrid, España (190 pp).
- 8.- Nixon, S. 1995. "Digital Elevation Models". En "Aplications of ER-Mapper". Earth Resource Mapping, Perth, Australia.
- 9- Pattillo, C. 1995. "Introducción a los Sistemas de Información Geográfica". Guía de Estudio. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- 10- Swan, R. Mac Donald, 1986. "The automated Extraccion of Digital Terrain Models". XX International Symposium obn Remote Sensing of Environment, Nairobi, Kenya.
- 11.- Truebe, H. 1994. "Managing Mineral Exploration on a Personal Computer". Engineering and Mining Journal. Vol 195, No. 7, July 1994. USA. pp 18-23.



## IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DE LAS PRINCIPALES LOCALIDADES FOSILIFERAS DE LA PROVINCIA DE PINAR DEL RIO.

***Guillermo Pantaleón Vento<sup>(1)</sup>, Roberto Gutierrez Domech<sup>(1)</sup>, Jesús Triff Oquendo<sup>(1)</sup>, Consuelo Díaz Otero<sup>(1)</sup>, Rafaela Pérez Arias<sup>(1)</sup>, Ana I. Torres<sup>(1)</sup> Rolando Batista González<sup>(1)</sup>, Diana Sosa Zayas<sup>(1)</sup>***

(1) Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca sn y Línea del Ferrocarril. San Miguel del Padrón. Ciudad Habana. CP 11000 Cuba. C Elect: [igpcnig@ceniai.inf.cu](mailto:igpcnig@ceniai.inf.cu)

### RESUMEN

Para acometer el Proyecto “ Museo Mario Sánchez Roig un medio de investigación integrado”, en el Instituto de Geología y Paleontología , se utilizó la información proveniente de los trabajos de Levantamiento Geológico y diversas investigaciones, que se encontraba dispersa en archivos, informes y artículos científicos, en los cuales se registraron los datos y consideraciones de múltiples autores.

La información de referencia se corresponde con el patrimonio material atesorado en los diversos muebles del Museo, que debieron ser previamente procesados y ordenados. Entre los ejemplares del Museo se encuentran Holotipos y Paratipos de varias especies de diversos grupos fósiles y las valiosas colecciones de precursores como Mario Sánchez Roig, Carlos y Alfredo de la Torre y algunos museos de antiguos colegios privados.

Toda esta información fue procesada en formato digital , conteniendo datos de miles de localidades fosilíferas y ha sido convenientemente almacenada en Bases de Datos, las cuales se encuentran soportadas mediante el software Access, las mismas contienen toda la información disponible y necesaria para futuros trabajos de investigación, a las cuales es posible acceder mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) montado sobre el software “Ilwis”.

Las Bases de Datos disponibles y que pueden conjugarse entre sí son:

- 1) Bases de datos de Ammonites
- 2) Bases de datos de Vertebrados
- 3) Bases de datos de Equinodermos
- 4) Bases de datos de Rudistas.

Los registros en estas Bases de datos cuentan con una estructura similar, que cuenta con los campos siguientes: Localidad georeferenciada que incluye además de las coordenadas cartográficas, nombre del sitio, Municipio, Provincia, genero, subgénero, especie, subespecie, autor, edad, formación geológica y otros datos ; por lo que la información puede ser analizada integralmente lo que permitirá apreciar donde se encuentran las mayores concentraciones de los diferentes tipos de fauna fósil y posibilitará realizar consideraciones de tipo paleogeograficas y paleoecologicas, siendo posible la reinterpretación y obtención de nuevos mapas a partir de estos datos.

Este SIG cuando este totalmente terminado abarcara todas las provincias del país, por lo que al concluir el Proyecto mencionado será susceptible de incrementarse y actualizarse.

## ABSTRACT

To go for the Institute of Geology and Paleontology project “ Museo Mario Sánchez Roig an integrated research method” information from geological surveying work, technical reports, scientific papers and diverse investigations scattered in files, including data and multiple authors consideration, were used.

The reference information concern with material patrimony stored in the Museum furniture which was previously processed and orderly. Among the samples of the Museum they are holotypes and paratypes of several fossil groups species and the valuable collections of precursors as Mario Sánchez Roig, Carlos and Alfredo de la Torre and some other museums of old private schools.

The records in these databases have a similar structure with the following fields: Geographically located sites, that includes besides the cartographic coordinates, name of the place, Municipality, Province, genera, subgenera, species, subspecies, author, age, geologic formation and other data. Because of that the information can be analyzed integrally so it can be appreciate where the bigger concentrations of different types of fossil fauna are, and will makes possible paleogeographical and paleoecological considerations. This shall give the opportunity of reinterpretation and the construction of new maps from these data.

When this GIS be completely finished will embrace all the country provinces, so when concluding the project will have a great possibility of increasing and modernizing.

## INTRODUCCION

El Grupo de Paleontología de la Vicedirección de Investigaciones del Instituto de Geología y Paleontología ha estado ejecutando a partir de 1999 el proyecto 306 “ Museo Mario Sánchez Roig un medio de investigación integrado” el cual tiene entre sus objetivos principales realizar la catalogación e inventario de las muestras de fósiles existentes en los diversos muebles del Museo, que debieron ser previamente procesados y ordenados.

Entre los ejemplares del Museo se encuentran holotipos y paratipos de varias especies de diversos grupos de fósiles, entre los mismos se hallan los que fueron colectados durante los trabajos del Levantamiento Geológico de Cuba a escala 1: 250 000, realizado por el Instituto de Geología y Paleontología en colaboración con las Academias de Ciencias de los antiguos países socialistas, las valiosas colecciones de precursores como Mario Sánchez Roig, Carlos de la Torre, Alfredo de la Torre, así como de algunos museos de antiguos colegios privados.

La información procesada proviene de los trabajos del Levantamiento Geológico y diversas investigaciones que se encontraba dispersa en archivos, libretas, tarjetas, informes y artículos científicos, en los cuales se registraron los datos y consideraciones de múltiples autores. Esta información se corresponde con el patrimonio material atesorado en los diversos muebles del museo.

Teniendo en cuenta que esta información es fácilmente alterable por las condiciones del tiempo, vectores u otras causas es que se concibe dentro de los objetivos del proyecto almacenar la misma en formato digital mediante Bases de Datos y realizar su integración en la etapa final del proyecto por un Sistema de Información Geográfica que permitiera almacenar, cuestionar y actualizar toda la información procesada, de forma tal que su manejo fuera más fácil, útil, y productiva para los usuarios.

Aunque los ejemplares y la información contenida en el Museo "Mario Sánchez Roig" abarcan todo el país el presente trabajo solo se limita a la provincia de Pinar del Río, ya que toda la información de esta área ha sido procesada y actualizada, no así el resto de las provincias que se acometerá en un futuro próximo.

## MATERIALES Y METODOS

La información elaborada cuenta con miles de datos de localidades fosilíferas y ha sido convenientemente almacenada en bases de datos, las cuales se encuentran soportadas mediante el software Access, las mismas contienen toda la información disponible y necesaria para futuros trabajos de investigación, a las cuales es posible acceder mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) montado sobre el software "ILWIS".

Las bases de datos que fueron creadas a tales efectos y se encuentran disponibles y que pueden conjugarse entre sí son:

Bases de datos de Ammonites.

Bases de datos de Vertebrados.

Bases de datos de Equinodermos.

Bases de datos de Rudistas.

Los registros en estas bases de datos tienen una estructura similar, que cuenta con los campos siguientes: Número actual del Museo, antiguo número del Museo, Localidad Georeferenciada que incluye las coordenadas cartográficas ( coordenada X y coordenada Y), Número de la hoja 1: 50000 en que se encuentra, Localidad, Provincia, Municipio, Número de Mueble, Número de Gaveta, Genero, Subgénero, Especie, Subespecie, Autor, Edad, Léxico, Formación Geológica , Fotografía y Observaciones (Fig. 1)

Con la información contenida en las diferentes bases de datos se procedió a su organización y estructuración, confeccionándose una base de datos de tipo relacional (Fig. 3) . Estas bases de datos originalmente confeccionada en el software ACCESS, constan de 14 tablas ( Fig. 2) entre las cuales se encuentran: Autores, Edad, Especie, Gavetas, Genero, Hojas100, Léxico, Muebles, Municipio, Provincia,

Subgénero, Hojas50, Tredad y también cada una de ellas contiene una tabla del grupo fósil ( Ammonites, Rudistas, Vertebrados y Equinodermos) representado en cada base de datos.

El soporte cartográfico fue creado con la digitalización mediante el software AutoCad 14 del mapa geológico de la provincia de Pinar del Río a escala 1: 250 000 (1), luego el mapa fue importado desde el Ilwis realizándose la topología de acuerdo a la nomenclatura litoestratigráfica establecida por el Léxico Estratigráfico.

Cada una de esas bases de datos fueron posteriormente importadas desde el Ilwis ,asignándose un dominio propio a cada una de ellas. A partir de las tablas se crearon igual número de mapas puntuales con los mismos dominios, lo que permite el acceso a los diferentes atributos contenidos en las 14 columnas de cada una de las 4 tablas. Así mismo se crearon 14 dominios para las diferentes columnas de las tablas, de forma tal de diferenciar su representación gráfica (símbolo) si así se deseaba.

Por su parte al mapa geológico a escala 1: 250 000 se le creo una tabla de atributo para informar acerca del nombre de la formación geológica, siglas de identificación, edad, litología diagnóstica.

## RESULTADO Y DISCUSION

El SIG le permite al usuario tener un acceso más rápido a la información deseada, a la vez que le permite el cuestionamiento de la información contenida, así como realizar diversas operaciones entre los campos que componen su base de datos, analizar integralmente la información contenida y apreciar donde se encuentran las mayores concentraciones de los diferentes tipos de fauna fósil.

Entre sus múltiples usos, el SIG propuesto resulta de gran utilidad para la localización rápida de los ejemplares que se encuentran ubicados dentro del museo, cuya accesibilidad por los métodos tradicionales, dada la forma en que se encuentran almacenados, resultaría engorrosa.

El SIG propuesto permitirá realizar consideraciones de tipo Paleogeográfico y Paleoecológicos, siendo posible la reinterpretación y obtención de nuevos mapas a partir de estos datos.

Como aspecto limitante del SIG se puede señalar, que el mismo no cuenta con un soporte propio, por lo que para su empleo se requiere de cierta experiencia en el software Ilwis.

## CONCLUSIONES

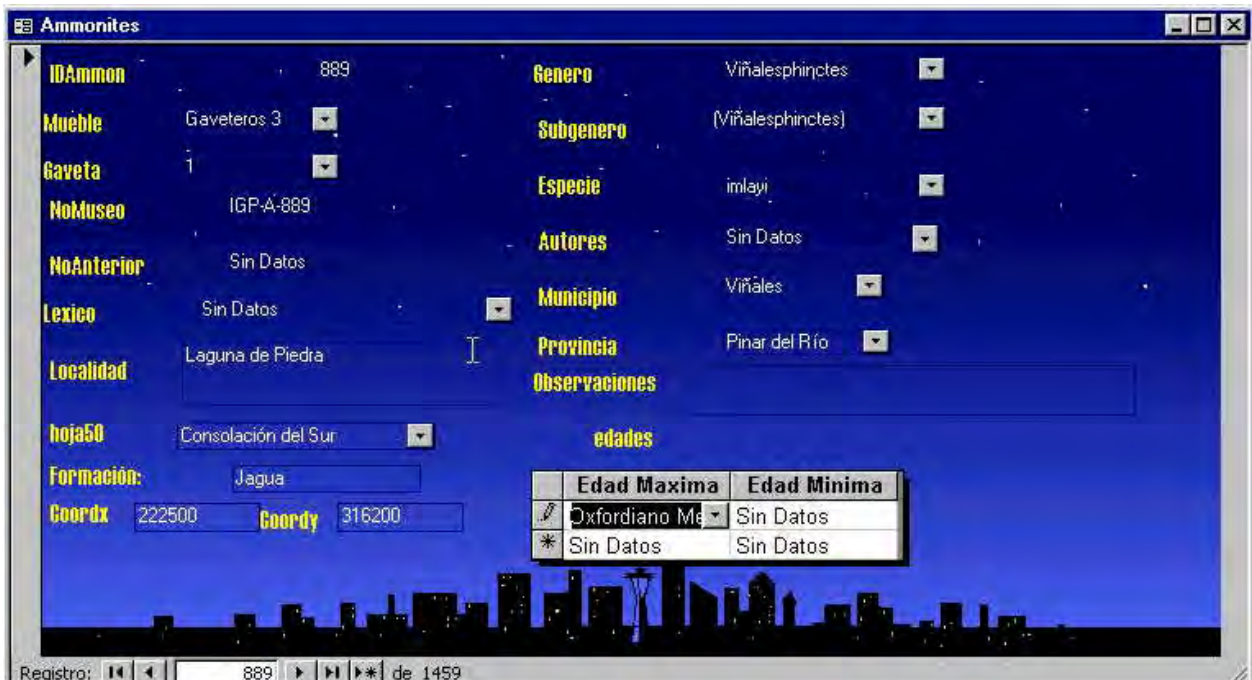


Las consultas y operaciones de visualización que fueron realizadas, demuestran que el SIG que se propone funciona adecuadamente según lo previsto.

El SIG cuando este totalmente terminado abarcara todas las provincias del país por lo que al concluir el proyecto mencionado será susceptible de incrementarse y actualizarse.

## BIBLIOGRAFIA

Puscharovsky, Y.Y. et al (1988): Mapa Geológico de Cuba a escala 1: 250 000, ACC\_URSS, Archivo del Instituto de Geología y Paleontología.



**Ammonites**

IDAmmon: 889

Mueble: Gaveteros 3

Gaveta: 1

NoMuseo: IGP-A-889

NoAnterior: Sin Datos

Lexico: Sin Datos

Localidad: Laguna de Piedra

hoja50: Consolación del Sur

Formación: Jagua

Coordx: 222500 Coordy: 316200

Genero: Viñalesphinctes

Subgenero: (Viñalesphinctes)

Especie: imlayi

Autores: Sin Datos

Municipio: Viñales

Provincia: Pinar del Río

Observaciones:

**edades**

	Edad Maxima	Edad Minima
	Oxfordiano Me	Sin Datos
*	Sin Datos	Sin Datos

Registro: 889 de 1459

Fig. 1 Registros de las bases de datos (Ammonites)



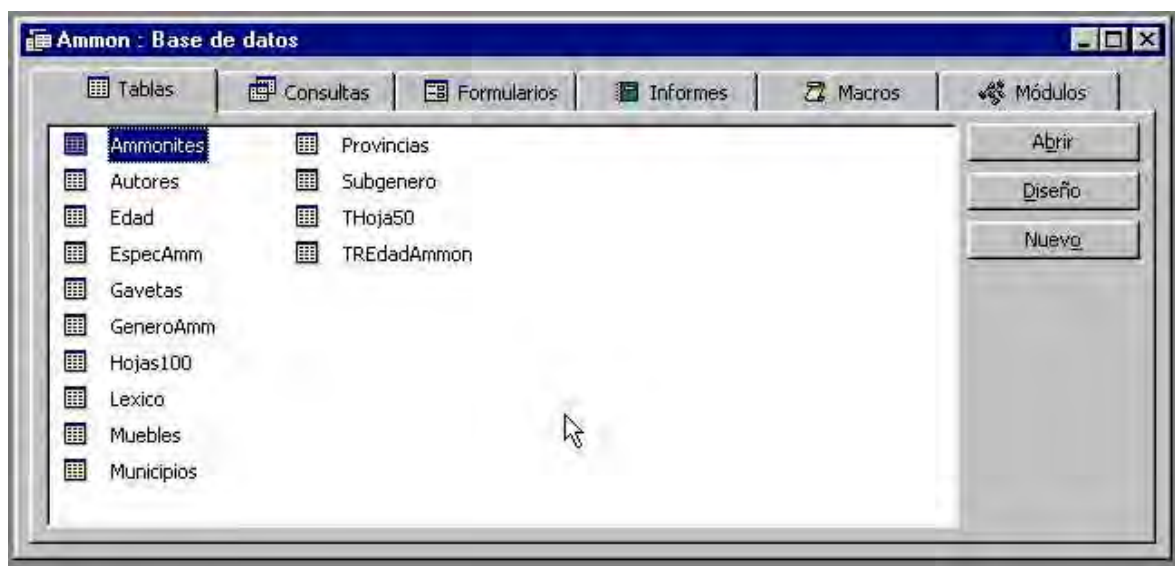


Fig. 2 Tablas de las bases de datos ( Ammonites)

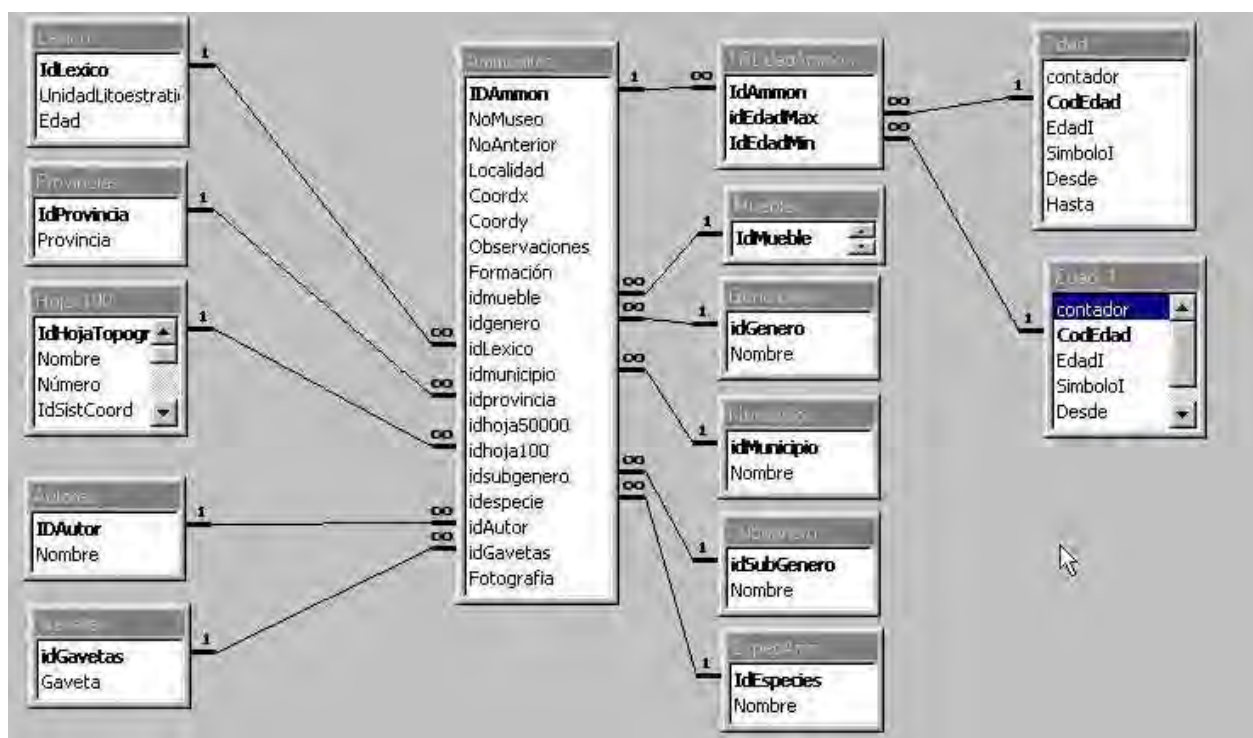


Fig. 3 Relaciones en las bases de datos (Ammonites)

## SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA LA GEOLOGIA DE LA SIERRA MAESTRA.

**Jesús Triff Oquendo, Ramón Pérez Aragón, Guillermo Pantaleón Vento** (\*)

(\*) Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca y Línea del Ferrocarril, San Miguel del Padrón,

Ciudad de La Habana, Cuba. C. Elect.: [igpcnig@ceniai.inf.cu](mailto:igpcnig@ceniai.inf.cu)

### ABSTRACT

To perform the Remote Sensing and Systematising of the Volcanic Paleostuctures of Southeastern Cuba project, carried out by the Institute of Geology and Paleontology in the Sierra Maestra Mountains and its surrounding areas, it has been necessary to process a great amount of graphic and textual geological information. This information has been collected from files existing in several institutions, as well as other ones acquired or made during the investigation process. All this information, sustained in digital format, has been adequately stored in databases. To these ones is possible to access by means of a System of Geographical Information (GIS) installed on the program ILWIS. For this, some experience is required in handling of mentioned GIS, although it has been foreseen, in a next future, the design of an independent program to work with all the data stored in the GIS. The SIG, among its dissimilar operations, allows the complex search of graphic information and to tabulate, by overlapping the different maps and the associated to them data, as well as it bring the possibility to create new maps accord to the interests settled down by the user. Among the main information that can be conjugated, it can be mentioned the following ones:

- 1) Geologic map to scale 1:100000
- 2) Tectonic map to scale 1: 250000
- 3) Aeromagnetic map to scale 1:100000
- 4) Map of Geologic Fotointerpretación to scale 1:62000
- 5) The Digital Pattern of the Land
- 6) Database of the Mineral Locations
- 7) Database of having been petrográficos
- 8) Database of description of blooming of the geologic rising,
- 9) Satellite images (Lansat-tm) of 7 bands with 30 m of resolution.
- 10) Pancromatic aerial photos of the region to scale 1:100000
- 11) Other maps.

The SIG is susceptible of to be increased and to be updated, for what at the end of the mentioned project it will have got rich with new data, especially with the map of the main paleovolcanic structures of the region to which can be associated important ore deposits.

### RESUMEN

Para acometer el Proyecto de Investigación "Teledetección y Sistematización de las Paleoestructuras Volcánicas de Cuba Sudoriental" que lleva a cabo el Instituto de Geología y Paleontología en la Sierra Maestra y áreas aledañas, ha sido necesario procesar un gran volumen de información geológica gráfica y textual existentes en los archivos de diferentes instituciones, así como la adquirida o confeccionada durante el proceso de la investigación. Toda esta información, sustentada en formato digital, ha sido convenientemente almacenada en bases de datos a las cuales es posible acceder mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) montado sobre el programa ILWIS, por lo que se requiere experiencia en el manejo de este software y de los SIG, aunque se tiene previsto, en un futuro próximo, el diseño de un programa independiente para trabajar con todos los datos almacenados en el SIG. El SIG, entre sus

disímiles operaciones, permite la búsqueda compleja de información gráfica y tabular, mediante la superposición de los diferentes mapas y los datos asociados a ellos, así como la posibilidad de crear nuevos mapas de acuerdo con los intereses establecidos por el usuario. Entre las principales informaciones que se pueden conjugar entre sí, se encuentran las siguientes:

- 1) Mapa Geológico a escala 1:100000
- 2) Mapa Tectónico a escala 1: 250000
- 3) Mapa Geofísico Aeromagnético a escala 1:100000
- 4) Mapa de Fotointerpretación Geológica a escala 1:62000
- 5) El Modelo Digital del Terreno
- 6) Base de Datos de los Yacimientos Minerales
- 7) Base de Datos de resultados petrográficos
- 8) Base de Datos de descripción de afloramientos del levantamiento geológico,
- 9) Imágenes de satélites (Lansat-TM) de 7 bandas con 30 m de resolución.
- 10) Fotos pancromáticas de la región a escala 1:100000
- 11) Otros mapas.

El SIG es susceptible de incrementarse y actualizarse, por lo que al concluir el proyecto mencionado se habrá enriquecido con nuevos datos, en especial con el mapa de las principales estructuras paleovolcánicas de la región a las cuales se pueden asociar importantes yacimientos minerales.

## INTRODUCCION

A principios del año 2000 el Instituto de Geología y Paleontología comenzó la ejecución del Proyecto 212 “Teledetección y Sistematización de estructuras paleovolcánicas en la parte central de Cuba Sudoriental para el pronóstico de metales básicos y preciosos” dados los cuantiosos y valiosos datos acerca de la edad, composición litológica y mineralógica, condiciones de formación, etc. de las rocas relacionadas con la actividad volcánica pretérita en la isla durante su evolución geológica, así como la carencia de reportes específicos acerca de la ubicación espacial, estudio y clasificación de los antiguos centros efusivos o aparatos plutonovolcánicos que dieron orígenes a dichos complejos rocosos.

El desarrollo de dicho proyecto implicaba el procesamiento de un gran número de información, tanto textual como gráfica existente en los archivos de diferentes organismos relacionados con la actividad geológica, así como la generación de nuevos datos que surgirían en el propio proceso de la ejecución del proyecto de investigación.

Teniendo en cuenta, por una parte, que el área de estudio abarcaba una de las zonas más complejas desde el punto de vista geológico, como lo es la Sierra Maestra y sus áreas aledañas, los valiosos datos a procesar podrían ser de gran utilidad para otros proyectos que se ejecutaran en esa área; y que por otra parte, la variedad de la información que se necesitaba para alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto se requería de un adecuado ordenamiento y almacenamiento que permitiera su uso de forma más integral y productiva, se decidió implementar un Sistema de Información Geográfica (SIG) con toda la información disponible.

Aún cuando el proyecto 212 no ha concluido, la gran cantidad y variedad de la información procesada, así como la necesidad de enfrentar las diferentes tareas que se han originado de las etapas iniciales de dicho proyecto, ha permitido el montaje del Sistema de Información Geográfica sobre la geología de la Sierra Maestra, el cual sin duda, se enriquecerá todavía más al concluir el mencionado proyecto.

## MATERIALES Y METODOS

Los materiales empleados en la confección del SIG proceden de diversas fuentes de distintos organismos, aunque la mayoría procede de los propios archivos del Instituto de Geología y Paleontología (IGP). Una gran parte de toda esa información, tanto la gráfica como la textual no se encontraban en formato digital, por lo que fue necesario emplear una buena parte del tiempo en realizar esa tarea que es imprescindible para la satisfactoria culminación del proyecto. Sólo algunas bases de datos, como la correspondiente a la petrografía de la Sierra Maestra, adquirida en la Geominera Santiago de Cuba y la base de datos de los principales yacimientos minerales presentes en el área, estaban ya en dicho formato. El resto de la información textual se encontraba en formato analógico.

Las principales informaciones sobre las que se ha implementado el SIG son las siguientes:

1. Mapa Geológico a escala 1:100000. Proveniente de los archivos del IGP. Digitalizado directamente a partir de la base geológica 1:100000 del Levantamiento Geológico a escala 1:250000 de la antigua provincia de Oriente (Nagy et. al., 1976).
2. Mapa Tectónico a escala 1:250000. Incorporado del Mapa Tectónico de las provincias orientales (Flores et. al. ,1997) en los archivos del IGP.
3. Mapa Geofísico Aeromagnético a escala 1:100000. Confeccionado por el Dpto. de Geofísica del IGP.
4. Mapa de Fotointerpretación de las estructuras anulares a escala 1:62000 realizado durante el proceso de ejecución del proyecto 312.
5. El Modelo Digital del Terreno a escala 1:100000 adquirido en la EMPIFAR (Grupo de Estudios Regionales).
6. Mapa de Estructuras Vulcano-Tectónicas de la Sierra Maestra a escala 1:100000 (V:V:Donskij, 1989) digitalizado directamente de los originales de los archivos del IGP.
7. Base de datos de los yacimientos minerales de la región de estudio. Información obtenida de INFOYAC que es una base de datos creada por el Grupo de Yacimientos Minerales del IGP y que abarca todo el país.
8. Base de datos de resultados petrográficos de la Sierra Maestra con más de 2200 récords. (Geominera Santiago de Cuba)
9. Base de datos de la descripción de los afloramientos con rocas volcánicas y vulcanosedimentarias

realizadas en el área de estudio durante el Levantamiento Geológico a escala 1:2500000 de la provincia de Oriente. Información digitalizada directamente de los archivos del IGP (más de 1200 récords)

10. Imágenes satélite (Landsat- TM) de 7 bandas con 30 m/p de resolución.

11. Fotos pancromáticas de la región de estudio a escala 1:100000.

12. Otros datos.

Todas las bases de datos fueron originalmente confeccionadas en el software ACCESS y posteriormente importadas desde el ILWIS que es el programa sobre el que se sustenta todo el SIG.

En el caso de los mapas fueron digitalizados, en algunos casos en AUTOCAD (posteriormente importados) y en otros, en el propio ILWIS. La topología de todos los mapas se realizó en ILWIS.

Las fotos aéreas fueron primeramente “escaneadas” y posteriormente georreferenciadas en el ILWIS. Las imágenes satélites donadas ya en formato digital fueron igualmente georreferenciadas en ese mismo software.

Como el área de estudio es realmente extensa (8500 Km<sup>2</sup>) y la escala de los trabajos (1:100000) es pequeña, resultaba engorroso y poco práctico maniobrar con el Sistema de Información Geográfica en esas condiciones, ya que las operaciones en la computadora se hacían más lenta y se requería de mayor espacio en el disco duro y mayor cantidad de memoria libre. Por esta razón se optó por subdividir el área en 7 partes o zonas, de forma tal que cada zona estuviera integrada por dos hojas topográficas 1:100000 contiguas. Este tipo de división se realizó sólo con la información en formato raster: las fotos aéreas, imágenes de satélites, el modelo digital del terreno y los mapas geofísicos, pues los demás mapas están en formato vectorial y por tanto sus dimensiones en kilobytes son mucho más pequeñas.

Al tratar con tan variadas informaciones sustentadas en distintos formatos se hace imprescindible trabajar sobre una base georreferenciada confiable. En este caso se tomó como base las hojas topográficas 1:100000 de la región, editadas por GEOCUBA y a partir de ellas se hicieron las correcciones necesarias a las otras informaciones, que por su grado de desplazamiento así lo requerían.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Son disímiles las operaciones que se pueden realizar a partir de la conjugación de la información disponible en el Sistema de Información Geográfica, ya que el mismo permite la superposición de distintas informaciones (figura No.!) o “cruce” de las mismas, así como la creación de nuevos mapas de acuerdo a criterios emitidos por el usuario.

Al disponer de imágenes multiespectrales también ofrece la posibilidad de realizar procesamientos de

imágenes y clasificaciones, cuyos resultados se pueden convertir en una capa informativa más de la que dispondría el Sistema de Información Geográfica.

Es fácil deducir que la mayor parte del tiempo empleado hasta la fecha en la ejecución del proyecto se ha invertido en la confección de las bases de datos textuales y gráficas que son esenciales para el manejo del SIG. No obstante, ya se han obtenido algunos resultados prácticos de su aplicación, aún cuando el mismo no ha alcanzado toda su potencialidad. Un ejemplo de ello lo constituye el mapa de interpretación de las estructuras anulares donde el montaje de los fotoplanos 1:100000 constituyó un elemento importante, pues al montarse sobre los mismos las informaciones correspondientes a la geología, la petrografía y descripción de los afloramientos contribuyó al criterio del especialista para delimitar las estructuras anulares presentes en el área, al contar en una misma imagen con los datos visuales de toda esa información. Asimismo dada las posibilidades que brinda el SIG para realizar consultas de diversos tipos, ha permitido también discriminar de forma rápida y efectiva los yacimientos minerales metálicos asociados a las estructuras anulares.

Estos son sólo resultados preliminares, en las próximas etapas de la ejecución del proyecto 312 la aplicación del Sistema de Información Geográfica será decisiva para alcanzar los objetivos previstos o incluso superarlos.

Como se ha señalado anteriormente, el SIG está montado o sustentado sobre el programa ILWIS, por lo que se requiere de experiencia en este programa para manejarlo, lo cual constituye la principal limitante del Sistema de Información Geográfica propuesto.

## CONCLUSIONES

- Las operaciones realizadas demuestran que Sistema de Información Geográfica implementado funciona adecuadamente.
- La cantidad y variedad de la información disponible en el SIG permite su aplicación en cualquier tarea de carácter geológico que se realice en la Sierra Maestra.
- La aplicación del SIG propuesto contribuirá en gran medida a la ejecución satisfactoria del proyecto 312 que acomete en la actualidad el Instituto de Geología y Paleontología.
- El Sistema de Información Geográfica descrito es susceptible de enriquecerse y actualizarse por lo que al concluir el proyecto que le dio origen dispondrá de nuevas capas informativas.



## BIBLIOGRAFIA

- Donskij, V.V., (1989): Las estructuras vulcano-tectónicas de la Sierra Maestra. Su tipificación y origen. (inédito) Archivo del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba.
- Flores, R. et. al. (1997): Mapa Tectónico de Cuba Oriental a escala 1:250000. (inédito). Archivo del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba.
- Nagy, E. et. al.(1976) : Levantamiento Geológico a escala 1:250000 de la provincia de Oriente (inédito). Archivo del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba.

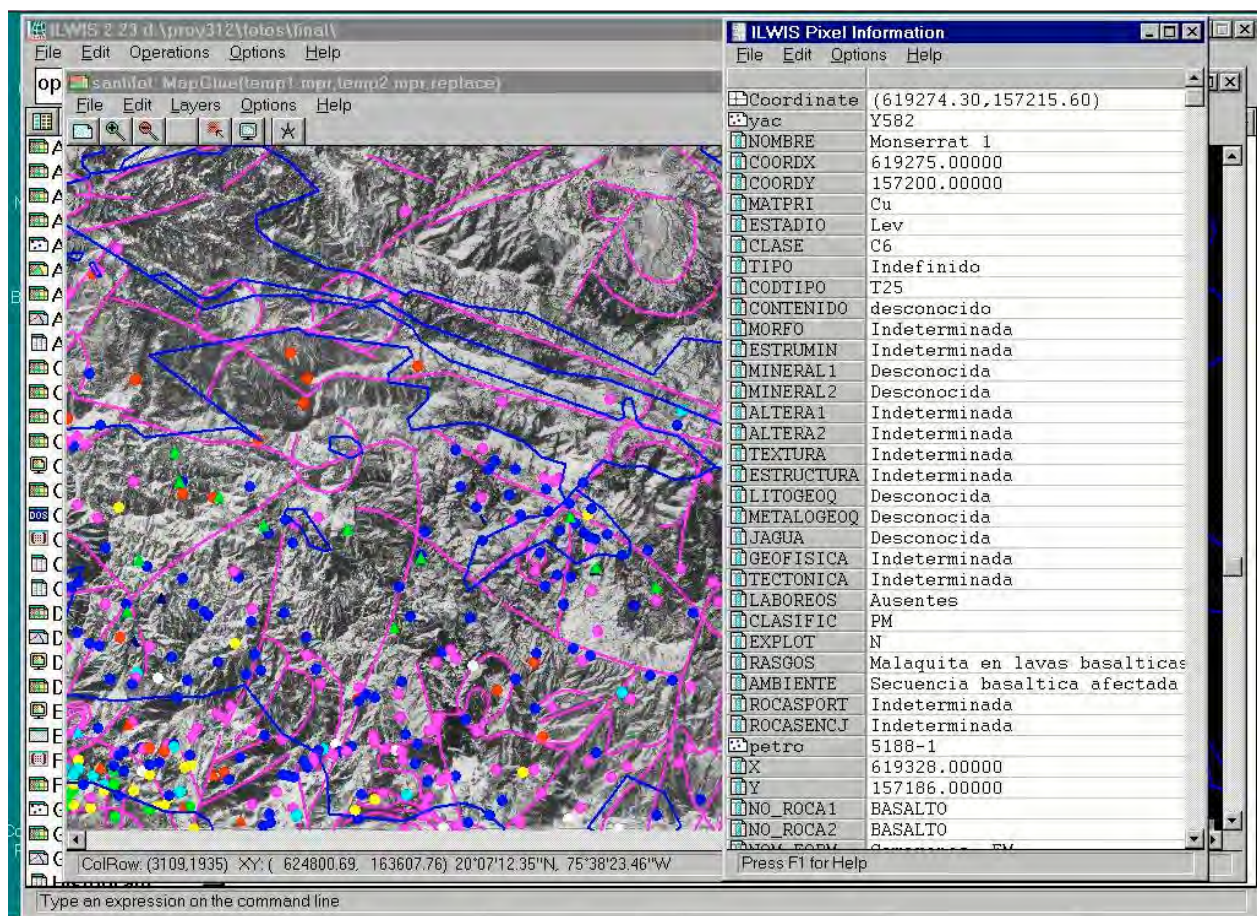


Fig.1 Escena mostrando la superposición de varias informaciones: sobre la foto aérea: en color magenta se aprecia la delimitación de estructuras anulares; los círculos corresponden a la información petrográfica y los triángulos a la información de los yacimientos minerales. A la izquierda la información contenida en las tablas de atributos.

## CRITERIOS TECNICO ECONOMICOS PARA LA PROYECCION Y EJECUCION DE TRABAJOS DE PROSPECCION GEOLOGICA EN TERRITORIOS CON ALTO GRADO DE ESTUDIO GEOLOGICO.

**Dr. Alfredo Norman Vega<sup>(1)</sup>, Ing. Jorge Cruz Martín<sup>(2)</sup>**

*(1) Oficina Nacional de Recursos Minerales, Salvador Allende 666, Centro Habana, Ciudad Habana, Cuba. C. Eléct.: norman@onrm.minbas.cu*

*(2) Oficina Nacional de Recursos Minerales, Salvador Allende 666, Centro Habana, Ciudad Habana, Cuba. C. Eléct.: chichi@onrm.minbas.cu*

### RESUMEN

La toma en consideración de criterios técnico económicos fundamentados que permitan la revelación a corto y mediano plazo de yacimientos de minerales útiles en territorios en los cuales se hayan realizado previamente trabajos de levantamiento geológicos a escalas medias, más del 40% del territorio cubierto por Levantamientos Geológicos 1:50 000, así como búsquedas a escala 1:25 000 y 1:10 000 constituyen elementos de alta prioridad en la prospección geológica actual en Cuba y son indispensables para una correcta proyección y valoración financiera de dichos trabajos, lo que determina que disminuya el riesgo en las etapas tempranas de investigación geológica, y deben tomarse en consideración en el momento de realizar las proyecciones y ejecución de trabajos de prospección geológica.

La generalización y reinterpretación de trabajos precedentes, así como el establecimiento de criterios sobre tipos de yacimientos minerales, dimensiones, gastos permisibles para estas fases de investigación que tomen en consideración el conocimiento geológico, el mercado y rentabilidad a alcanzar constituyen factores que no pueden ser desestimados.

El trabajo realiza un análisis de la situación actual de la actividad geólogo minera, los trabajos de investigación geológica por materias primas, fases o estadio de los mismos, particularidades de algunos de estos grupos, estadísticas de gastos y se propone una estrategia a seguir.

### SUMMARY

The taking in base economical and technical considerations for the revelation in a short and medium terms of useful minerals deposits in territories in which have been carried out previously geological mapping work ( more than 40% of the territory covered by Geological mapping works in scale 1:50 000, and with geological prospecting works in scale 1:25 000 and 1:10 000) constitute elements of high priority in the current geological prospecting in Cuba and they are indispensable for a correct projection and financial valuation of this works, what determines that it diminishes the risk in the early stages of geological investigation, and they should be taken in consideration in the moment to carry out the projections and execution of geological prospecting works.



The generalization and reinterpretation of precedent works, as well as the establishment of criterias in relation with the mineral deposits that must be prospected, the permissible expenses for these investigation phases and take in consideration the geologic knowledge, the market and profitability all of them constitute factors that can not be underrated.

The present work carries out an analysis of the current situation of the geological prospecting works in Cuba, international statistical expenses for the preparation reserves and propose the strategic directions for the development geological prospecting works in the current situation..

## **INTRODUCCION**

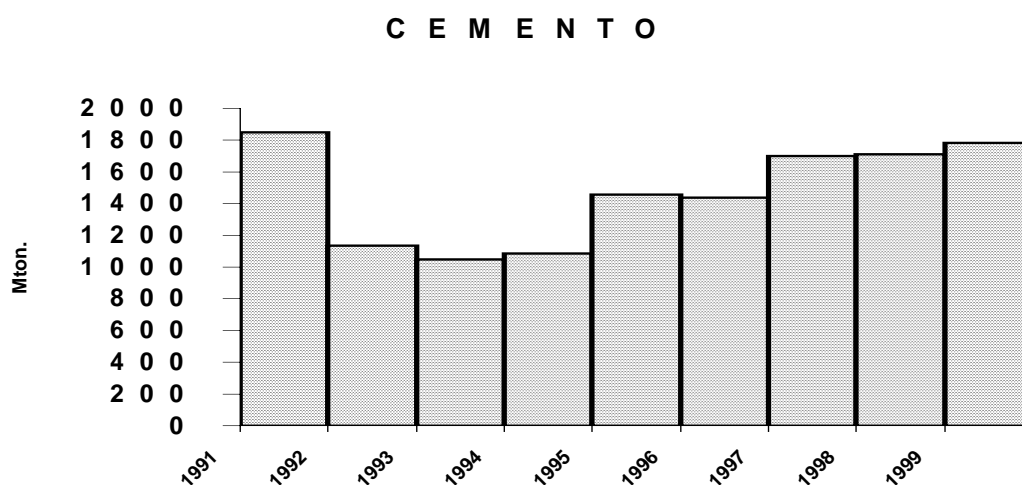
A partir del año 1960 se inicio un Programa de prospección geológica dirigido al fortalecimiento de la base de materias primas minerales del país para garantizar el funcionamiento de las plantas mineras en operación, así como el desarrollo de nuevos yacimientos para nuevas inversiones.

## **DESARROLLO**

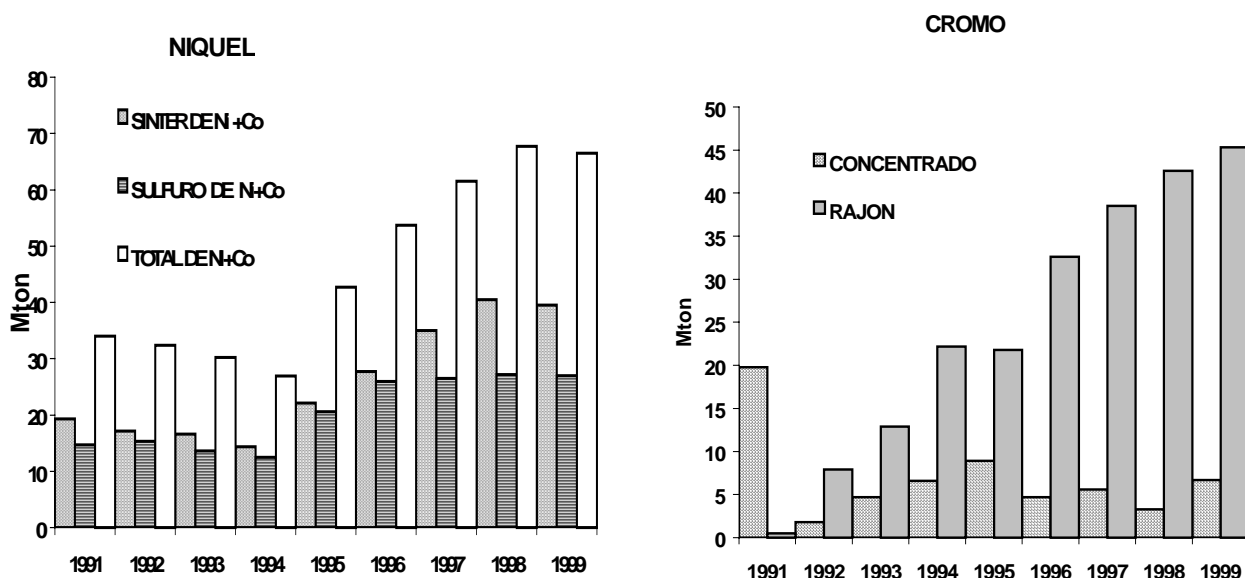
Los primeros trabajos estuvieron centrado en objetivos de níquel, cobre, cromo, hierro y manganeso y se iniciaron trabajos de levantamientos geológicos en las áreas con potencialidad para dichos metales.

En los años de la década del 70 se mantuvieron esos mismos objetivos y se inicia un trabajo intenso encaminado al desarrollo de los materiales de construcción y materias primas para la ampliación de la producción de cemento en el país.

Gráfico 1. Producción de cemento gris de los últimos 10 años.



La intensificación de los trabajos de levantamiento geológicos a escalas medias conllevó a la ejecución de un gran volumen de trabajos geofísicos, geoquímicos y de perforación desarrollados de manera sistemática con la participación de los países Miembros del CAME.



Gráficos 2 y 3. Producción de Níquel y Cromo de los últimos 10 años.

Todas estas investigaciones tuvieron como principal resultado el haber asegurado la base de materias primas necesarias para mantener e incrementar las producciones en los últimos años como lo muestran los gráficos de producciones de los últimos 10 años..

El financiamiento y aseguramiento material ininterrumpido a esta actividad hasta el año 1989 garantizó se ejecutarán extraordinarios volúmenes de trabajos en levantamientos, búsquedas y exploraciones tanto de minerales metálicos como no metálicos y aguas minero-medicinales.

Como logro fundamental de este etapa esta el haber incrementado el conocimiento geológico del País a escala 1:50 000 más deL 40% del Territorio Nacional y haber cubierto el 100% todas las áreas perspectivas potencialmente para el hallazgo de depósitos minerales.

ESCALA REGIONAL	TOTAL DE TERRITORIO (KM <sup>2</sup> )	TOTAL MAPEADO (KM <sup>2</sup> )	%
1:500 000	110 992	110 992	100
1:250 000	110 992	110 992	100
1:100 000	110 992	110 992	100
1:50 000	110 992	47 928	43.2

De ahí que al hacerse necesario abrir esta actividad al capital extranjero se partiera de un alto grado de estudio en las regiones cuyas formaciones geológicas eran las más perspectivas para los minerales sólidos, metálicos y no metálicos y se contará con una valiosa información factual que avala la perspectividad de las diferentes áreas para la revelación de mineralización de interés.

Estos nuevos trabajos desarrollados sobre contratos de riesgo contaron con antecedentes que facilitaron la selección de sectores para trabajos de detalle.

La mayoría de las compañías encaminaron sus esfuerzos a la rápida detección de mineralización con una determinada cantidad de recursos, de no revelarse esta expectativa pasaban a otros sectores. En esta etapa se generaron nuevos volúmenes de trabajo tanto geofísicos, como geoquímicos y de perforación.

Como resultado de estos trabajos en solo 4 años se incrementaron considerables reservas de metales preciosos y cobre fundamentalmente, además de grandes volúmenes de geofísica aérea realizado por las AEI.

De ahí que para el desarrollo de nuevos trabajos sea necesario un exhaustivo análisis y evaluación de la información procedente y una alta racionalidad en los nuevos trabajos a ejecutar.

En este nuevo contexto se han desarrollado trabajos dirigidos a la generalización de la información de los levantamientos regionales y la creación de Bases de Datos con los resultados de los trabajos de prospección geofísica y geoquímica así como de otros temas geológicos específicos.

Desde el punto de vista metodológico se impone una elaboración y análisis de la información existente previo a la proyección de los volúmenes de trabajo para que estos permitan una correcta evaluación del objetivo en estudio.

Resulta necesario que se prevea la realización de trabajos con prioridad en aquellos objetivos que puedan ser evaluados a corto plazo y que tengan características tecnológicas que faciliten la asimilación con pequeñas inversiones.

El complejo de métodos a utilizar en la evaluación debe garantizar una racionalidad en su ejecución y una secuencia que permita efectuar análisis y precisiones sobre los trabajos más costosos de perforación.

Concentrar los trabajos de exploración en objetivos que satisfagan demandas inmediatas de la economía y a costos competitivos.

Introducir criterios económicos en la evaluación de los yacimientos y trabajos de prospección que garanticen costos que no conspiran con la rentabilidad de su ulterior explotación. No vaya a suceder que depósitos atractivos desde el punto de vista geológico resulten no viables por costos excesivos de etapas anteriores que tengan que reembolsarse durante su procesamiento y afecte de modo directo su flujo de caja.

Parámetros	Canadá	EEUU	Australia
Costos de reconocimiento (MMUSD/1000KM <sup>2</sup> )	0.5-0.6	0.3	0.4-0.5
Costos de prospección (MMUSD/100KM <sup>2</sup> )	0.5-1.0	0.4-1.2	0.4-1.0
Costos de exploración (MMUSD/10KM <sup>2</sup> )	1.0-2.5	2.5	1.1-2.4

Nota: Es bueno destacar que estas estadísticas son el resultado de un análisis cronológico de las investigaciones de metales preciosos y yacimientos metálicos de estos países por más de 25 años, aunque existen otras estadísticas que se deben tomar en consideración a la hora de realizar la proyección de los trabajos, como los costos de investigación por cantidad de reservas incrementada.

Prever integralidad en el aseguramiento material y financiero que permitan una correcta evaluación en los plazos establecidos.

Asegurar el desarrollo de investigaciones que complementen el estudio de las características petroquímicas, mineragénicas de las principales formaciones geológicas con potencialidad para revelar nuevos yacimientos profundizando en el estudio de las alteraciones secundarias y su vinculación con la mineralización, determinación de temperaturas de formación presencia de elementos trazas y otros indicadores geoquímicos que permitan precisar las perspectivas de sectores y yacimientos.

Prever el completamiento del estudio y evaluación de yacimientos que fueron explotados y pudieran garantizar nuevas producciones y satisfacer demandas de la economía.

TERRITORIO	YACIMENTOS EVALUADOS	NO SE EXPLOTAN ACTUALMENTE
Pinar del Río	103	83
Habana-Matanzas	101	65
Villa Clara	123	86
Camaguey	91	73
Norte Oriental	80	60
Santiago de Cuba	131	98
Isla de la Juventud	35	25
<b>TOTAL</b>	<b>664</b>	<b>490</b>



Como principal resultado de estos análisis se propone dirigir los trabajos al siguiente grupo de direcciones principales:

1. Completar la exploración de los principales yacimientos de Níquel.
2. Fortalecer la base de materias primas para Cromo.
3. Precisar las perspectivas y el potencial aurífero del País.
4. Garantizar la depuración de la base de materias primas de las plantas actuales de cemento y las que se demandan para las nuevas inversiones.
5. Completar las investigaciones en los yacimientos explorados de no metálicos que puedan ser asimilados por la Industria con rentabilidad y a costos competitivos.
6. Desarrollar la informatización de la documentación geológica y geofísica.

Potenciar el uso racional de los recursos dedicados a la prospección y alcanzar una alta efectividad geólogo – económica en la ampliación de la base de materias primas y el desarrollo de nuevas producciones mineras constituyen necesidades vitales e impostergables.

#### **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Anuario Estadístico Minero. Año 1999. ONRM.
2. Balance Nacional de Reservas. Año 2000. ONRM.
3. Cruz Martín J., Julio Montenegro Izquierdo; Alfredo Simón Méndez; Jesús López Kramer. Criterios sobre las estadísticas de gastos de las etapas de investigación geológica de Cuba y su comparación con otros países. 1998.



## REGLAMENTO PARA LA ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN TÉCNICA DE LA PRODUCCIÓN. ESTRATEGIAS SEGUIDAS Y RESULTADOS OBTENIDOS EN UNA EMPRESA GEOMINERA.

**M Sc. Arsenio Mayoz Bobia**

Empresa Geominera Oriente  
Carretera Siboney km 2½ Alturas de San Juan. Santiago de Cuba  
E mail: [stecnica@geom.stg.minbas.cu](mailto:stecnica@geom.stg.minbas.cu)

### RESUMEN

En el mundo de hoy, constituye una preocupación de la ALTA DIRECCIÓN de cualquier organización lograr que esta funcione con tal eficiencia que sus resultados produzcan ganancias que sean revertidas en su desarrollo, siendo la vía más eficaz para lograrlo es el establecimiento de un SISTEMA DE DIRECCIÓN DE CALIDAD, mediante la estructuración de un Reglamento

Este trabajo es el resultado de un estudio realizado por parte de especialistas de la Vice Dirección Técnico Productiva de la Empresa Geominera de Oriente, cuyo objetivo es el de analizar el proceso desde su inicio y las tareas desarrolladas para la confección e implantación de este Reglamento en la Empresa y sus unidades y con ello evaluar el estado evolutivo de las mismas en materia de calidad, así como brinda orientaciones que ayuden a gerentes y directivos de esta empresa la selección de un camino eficaz.

El trabajo consta de las siguientes etapas:

- I. Caracterización de las unidades objeto de estudio.
- II. Caracterización de su situación inicial.
- III. Selección de las fases claves para establecer este sistema y por ende del Reglamento.
- IV. Descripción del proceso de confección e implantación del Reglamento.
- V. Situación del estado actual de las unidades en cuanto a la aplicación del Reglamento.
- VI. Análisis de la evolución de estas unidades y del proceso de implantación.

Finalmente se dan las conclusiones de este trabajo, específicamente en tres aspectos básicos (estado de calidad, la capacitación y el cálculo de los costos de calidad).

### ABSTRACT

In these days in the technician world is a very strong preoccupation of the high direction of all enterprise to get an organization that works with efficiency in order to have profits that they can use in its own development and the usual method employed is to make a QUALITY DIRECTION SYSTEM (QDS) which has a Manual, document where describe like is its structure and performance.

This investigation is a result of study that was made by a team of technique of the Productive Technical Vice direction of the ENTERPRISE GEOMINERA ORIENTE and its objective is:

- ♦ To analyze its process since its began to finish
- ♦ The work development in order to do it.
- ♦ The implantation of the Manual complete (enterprise and its unities and plants).
- ♦ Can know the situation that have in the quality.
- ♦ To give ideas in order to help the gerents and directors of this entity

In order to begin to walk in the correct direction.



This job has the following stages:

1. Characteristics of each plants and unities of this entity.
2. Characteristics of the initial situation (year 1998).
3. Selection of each key phase in order to establish the QDS and Manual.
4. Description process made in order to do and to implant the Manual.
5. Actual situation of Manual by unities and plants (year 2000).
6. Analyze of development by unities and plants in the implantation process.

At the end you can see the conclusions, specificity in three basic appearance (quality stage, the apprenticeship and quality cost calculations).

## INTRODUCCIÓN

En el mundo de hoy constituye una preocupación de la ALTA DIRECCION de cualquier organización lograr que ésta funcione con tal eficiencia que sus resultados produzcan ganancias que sean revertibles en su desarrollo. La vía más eficaz para lograrlo es el establecimiento de un **SISTEMA DE DIRECCION DE CALIDAD** (en lo adelante SDC) en la empresa que abarque todas las actividades de la función general de gestión y que está determinado por:

- ❖ Una Política de Calidad.
- ❖ Objetivos y Responsabilidades.
- ❖ Estructura Organizativa.
- ❖ Procedimientos.
- ❖ Procesos.
- ❖ Recursos materiales y humanos necesarios.

para así obtener productos con una calidad y precios que satisfagan plenamente las expectativas de los clientes y de otras partes interesadas, razón por la cual esta Empresa ha decidido establecer un SDC a partir de la confección de un **“Reglamento para la Organización y Dirección Técnica de la Producción”** el cual parte de un conjunto de documentos, principalmente de la familia de las Normas ISO 9000.

Este trabajo es el resultado de un estudio realizado por especialistas de la VDTP pertenecientes a esta Empresa Geominera de Oriente, cuyo objetivo es el de analizar el proceso inicial y seguimiento para la confección e implantación de este Reglamento en un grupo de unidades de esta Empresa y con ello evaluar el estado evolutivo de las mismas en materia de calidad, así como brindar orientaciones que ayuden a gerentes y directivos de esta organización la selección de un camino eficaz.

## DESARROLLO

Este estudio se diseña a partir de la experiencia internacional y de la nuestra propia, desarrollándose en función de las siguientes etapas:

- ❖ Etapa No. 1 Características de las unidades objeto de estudio.
- ❖ Etapa No. 2 Caracterización de éstas al comienzo o partida.
- ❖ Etapa No. 3 Selección de las fases claves para establecer el SDC y por ende el Reglamento.
- ❖ Etapa No. 4 Descripción del proceso de confección e implantación.
- ❖ Etapa No. 5 Caracterización del estado actual de las unidades.
- ❖ Etapa No. 6 Análisis de la evolución de estas unidades y del proceso de implantación del Reglamento.



## DESCRIPCION DE LAS ETAPAS

### ***Etapa No. 1 Características de las unidades objeto de estudio***

Las ocho unidades objeto de estudio, puntos vitales del trabajo de esta empresa, ya sean de carácter productivo y/o prestación de servicios, tienen sus particularidades para aplicar este sistema, las que son:

- ❖ Producción de minerales a diferentes granulometrías.
- ❖ Realización de análisis de minerales y química inorgánica.
- ❖ Producción de carbón activado.
- ❖ Trabajos de perforación para estudios geológicos de minerales.
- ❖ Realización de servicios de mantenimiento al parque automotor, fabricación de piezas y accesorios y trabajos constructivos.
- ❖ Estudios geológicos de yacimientos de minerales, donde se ejecutan investigaciones y/o trabajos geofísicos, topográficos de otro tipo.
- ❖ Prestación de servicios con relación a la compra y calidad de los suministros básicos para las actividades anteriormente mencionadas.

### ***Etapa No. 2 Caracterización de la situación de partida***

Se seleccionaron 12 elementos para caracterizar la situación que tienen las diferentes unidades de la EGMO en el momento en que se inició la elaboración Del SDC (situación inicial). Para cada uno de estos elementos se consideró un indicador cualitativo y/o numérico. Los elementos e indicadores considerados se relacionan en la TABLA No. I y la situación inicial de las diferentes unidades en la TABLA No. II . La recolección de esta información se realizó a partir de diagnósticos, auditorías y controles realizados por los especialistas técnicos de las unidades objeto Del trabajo y de la VDTP de esta Empresa.

### ***Etapa No. 3 Selección de las fases claves para el establecimientos Del SDC y el Reglamento.***

Se consideran las siguientes fases, a los efectos de este estudio, las que se definen con una breve descripción:

- ♦ **FASE A DIAGNÓSTICO DE CALIDAD:** Se describe y analiza el estado de la organización en materia de calidad, con vistas a identificar sus puntos fuertes y sus deficiencias y a la vez proponer medidas de mejoramiento, teniendo en cuenta su contexto técnico, económico y humano.
- ♦ **FASE B ESTABLECIMIENTO DEL AMBITO DE APLICACION Y DEFINICION DE LAS NORMAS Y PROCEDIMIENTOS APLICABLES:** Incluye el alcance del SDC y el Reglamento a desarrollar y si éste está dirigido para tener un Aseguramiento de Calidad relacionado con las necesidades de determinadas exigencias impuestas por los clientes para materializar las relaciones contractuales o la Certificación Del Sistema y/o Reglamento.
- ♦ **FASE C CONCEPCION Y ESTRUCTURACION DEL SDC Y REGLAMENTO:** En esta fase se define el Ciclo de fabricación y/o servicio para cada unidad, para con ello conocer aquellos elementos específicos que lo caracterizan, lo que conjuntamente con los elementos generales extraídos Del Manual para la Organización y Dirección Técnica Del MINBAS que sean aplicables, conforman el esquema del Reglamento y/o SDC a desarrollar por cada unidad y en la Empresa





**TABLA No. I**  
**Relación de elementos considerados, indicadores y/o símbolos utilizados**

No.	ELEMENTO	INDICADOR (SÍMBOLO)
1	Causas que indujo a las unidades a la aplicación Del SDC y el Reglamento.	Interés Externo (E) Interés Interno (I)
2	Interés de la dirección de las unidades con el proceso de implantación de los procedimientos	Muy Interesados (5) Interesados (4) Medianamente Interesados (3) Poco Interesados (2) Sin interés (1)
3	Reconocimiento de la importancia que tiene la percepción del cliente con respecto a la imagen, la cultura y el funcionamiento de la organización.	Excelente (5) Muy Bueno (4) Bueno (3) Regular (2) Malo (1)
4	Motivación Del personal	Ídem al tercer elemento.
5	Recursos necesarios disponibles	Ídem al tercer elemento.
6	Cultura Empresarial	Reactiva (R) Participativa (P)
7	Situación financiera	Ídem al tercer elemento.
8	Estadio de la Calidad	Inspección (I) Control de Calidad (CC) Aseg. Calidad (AC) Gestión Calidad (GC)
9	Aseguramiento Metrológico	Ídem al tercer elemento.
10	Relación Calidad-Costos	Ídem al tercer elemento.
11	Relación Proveedores-Unidad y el Sistema de Contratación.	Ídem al tercer elemento.
12	Capacitación Del personal directivo y de los trabajadores con relación al SDC y el Reglamento.	Ídem al tercer elemento.

**TABLA No. II**  
**Caracterización de la Situación Inicial**  
**(Año 1998)**

No.	Unidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	UGMH (PI)	E	3	2	2	2	R	2	2	2	1	2	1
2	UPM El Cobre (PII)	E	2	2	2	1	R	2	I	2	1	1	1
3	Carbón Activado (PIII)	E	3	3	3	2	R	2	I	2	1	2	1
4	Laboratorio (SI)	I	4	4	3	3	P	2	CC	3	2	2	3
5	Servicios Geológicos (SII)	E	3	3	2	2	P	2	CC	1	1	2	1
6	Taller (SIII)	E	2	1	2	1	R	2	I	2	1	2	1
7	Perforación (SIV)	E	2	2	2	2	R	2	I	NP	1	2	1
8	ATM (SV)	E	2	1	1	2	R	2	I	2	1	2	1

**FASE D ADIESTRAMIENTO:** Consiste en capacitar a todo el personal de la empresa que realice actividades que afectan la calidad, a partir de la identificación de las necesidades y la elaboración de un Plan de Acción.

**FASE E AUDITORIA DE LA CALIDAD:** Se realiza un examen sistemático e independiente para determinar si las actividades y los resultados de la calidad satisfacen las disposiciones planificadas; si éstas se aplican de forma efectiva y si son adecuadas para alcanzar los objetivos previstos.

**FASE F DOCUMENTACION:** Se refiere a la acción de documentar, de manera ordenada y sistemática todos los elementos, requisitos y disposiciones necesarias en la organización para el funcionamiento del SDC.

**FASE G MOTIVACION:** Se definen aquellas actividades a desarrollar por la Empresa y unidades para lograr que el personal alcance una conciencia por la Calidad que permita su buen desempeño.

**FASE H IMPLANTACION Y MONITOREO:** Esta fase abarca la implantación gradual de los diferentes procedimientos del SDC y del Reglamento y permite hacer conjuntamente su ajuste si fuese necesario, derivado de su aplicación.

**ETAPA 4 Descripción del proceso de confección e implantación.**

Durante la ejecución de esta etapa, se analizó el proceso de confección e implantación de los procedimientos del SDC y del Reglamento en cada una de las unidades que en la Empresa están en ese proceso. En la Tabla No. III se muestra un Esquema que refleja la secuencia empleada en esta tarea de cada fase en las ocho unidades antes señaladas.

**TABLA No. III**

**Esquema que refleja las fases desarrolladas por las unidades en el proceso de confección e implantación del SDC y/o Reglamento**

Holguín (PI)	Cobre (PII)	Carbón (PIII)	Laborat. (SI)	Serv. Geológ. (SII)	Taller (SIII)	Perforación (SIV)	ATM (SV)
(E)	(A)	(E)	(A)	(A)	(A)	(B)	(B)
(B)	(B)	(B)	(D),(F)	(B)	(B)	(C)	(C)
(C)	(C)	(C)	(B)	(C)	(C)	(F)	(E)
(F),(D)	(E)	(F)	(C)	(E)	(E)	(E)	(F)
(H)	(F)	(H)	(E)	(F)	(F)	(H)	(H)
	(H)		(G),(H)	(H)	(H)		

**NOTA:**

- ♦ En general, la fase de Adiestramiento no se ha desarrollado por las unidades, excepto el Laboratorio y la UGMH
- ♦ Igual sucede con la etapa de Motivación (G), ya que en este caso, excepto el laboratorio, está deficiente o nulo este trabajo.
- ♦ Estas deficiencias pueden incidir en los resultados que se tengan en cada unidad al valorar sus resultados actuales en la Tabla No. 3



## ETAPA 5 Caracterización del estado actual de las unidades

En esta etapa se presenta una caracterización o estado actual de las diferentes unidades objeto de este estudio a partir de los elementos considerados en la Etapa 2 . En la Tabla No. IV se resume esto.

**TABLA No. IV**  
**Caracterización de la Situación Actual (Años 1999-2000)**

No.	Unidades	ELEMENTOS											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	PI	I	4	3	3	2	P	3	CC	3	2	2	3
2	PII	E	3	2	2	1	R	3	CC	3	1	1	2
3	PIII	E	3	2	3	2	R	3	CC	3	1	2	2
4	SI	I	4	4	4	4	P	3	CC--AC	4	4	3	4
5	SII	E	2	3	2	2	R	3	CC	2	1	3	1
6	SIII	E	3	2	2	2	R	3	I	3	1	2	2
7	SIV	E	3	3	2	2	R	3	I	NP	1	3	1
8	SV	E	2	2	2	2	R	3	I	2	1	1	1

## Etapa 6 Análisis de la evolución de las unidades

Se realizó un análisis comparativo, tomando como base los elementos considerados en la Etapa 2 (tabla No. I), la situación de partida de las unidades y el procedimiento seguido para el éxito del proceso de implantación y situación actual de las mismas. (Ver Tabla No. V en el Anexo de este documento)

## CONCLUSIONES

- Resulta una tarea en extremo difícil para las unidades objeto de este estudio el proceso de implantación del Reglamento y sus procedimientos, ya que se tratar de aplicar un **SISTEMA PARA LA GESTIÓN Y EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD** en unidades cuyo enfoque administrativo jamás había rebasado el estadio de la **INSPECCION DE CALIDAD** dirigida ya sea al producto y/o servicio y no **A LA ORGANIZACIÓN**, en el marco de una cultura reactiva en cuanto a esta actividad.
- Se observa en general, basándonos en la anterior consideración, que el compromiso de las direcciones de las unidades con este movimiento es bajo no sintiéndose comprometidos ni **concientizados** en la necesidad de utilizar esta herramienta de trabajo como realmente ella requiere, a pesar del trabajo realizado por los especialistas de la Vice Dirección Técnica Productiva de la Empresa.
- Los elementos valorados dentro del trabajo tales como **COSTOS DE CALIDAD (10)** ; **RELACIÓN PROVEEDORES-UNIDAD Y LA CONTRATACION (11)** Y **LA CAPACITACION (12)** muestran en su mayoría los índices bajos de avance en estos dos años, y se piensa que pueda ser por su causa, especialmente por la parte de la capacitación, que este movimiento no haya obtenido mejores resultados en este período. Por ello es que se plantea, finalmente, que el Reglamento (a pesar de ser una de las empresas de la unión con



- mejores resultados en su confección) **NO HA DADO PROPORCIONALMENTE TODOS LOS CAMBIOS Y EXPECTATIVAS CON QUE SE PLANIFICÓ SU ELABORACIÓN POR EL MINBAS.**

## BIBLIOGRAFÍA

Cuendías de Armas, J. M. ; N. León Velasco; M. Suárez Palou; A. Porter Jiménez (1998): La familia ISO 9 000 en el Sector de la Construcción, Normalización , La Habana, No. 2 , 31-35

Mayoz Bobia A. ; O. Plá Hernández ; M. Castillo Druyet. ; R. Pardo García; R. Henríquez de Jesús; M. C. Ferrer Texidor ; (1998); Reglamento para la Organización y Dirección Técnica de la Producción

## ANEXO

**TABLA No. V**  
**Comparación de los resultados alcanzados por unidades**

Total	No.	Unidades	Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(+) 9 (-) 0 (=) 3	1	PI	98 00	E I ♦	3 4 ♦	2 3 ♦	2 3 ♦	2 2 ♦	R P ♦	2 3 ♦	CC CC	2 3 ♦	1 2 ♦	2 2	1 3
(+) 4 (-) 0 (=) 8	2	PII	98 00	E E ♦	2 3 ♦	2 2	2 2	1 1	R R	2 3 ♦	CC CC	2 3 ♦	1 1	1 1	1 2 ♦
(+) 3 (-) 1 (=) 8	3	PIII	98 00	E E	3 3	3 2	3 3	2 2	R R	2 3 ♦	I I	2 3 ♦	1 1	2 2	1 2 ♦
(+) 8 (-) 0 (=) 4	4	SI	98 00	I I	4 4	4 4	3 4 ♦	3 4 ♦	P P	2 3 ♦	CC CC-AC ♦	3 4 ♦	2 4 ♦	2 3	3 4 ♦
(+) 3 (-) 2 (=) 7	5	SII	98 00	E E	3 2	3 3	2 2	2 2	P R	2 3 ♦	CC CC	1 2 ♦	1 1	2 3	1 1
(+) 5 (-) 0 (=) 7	6	SIII	98 00	E E	2 3 ♦	1 2 ♦	2 2	2 2	R R	2 3 ♦	I I	2 3 ♦	1 1	2 2	1 2 ♦
(+) 4 (-) 0 (=) 7	7	SIV	98 00	E E	2 3 ♦	2 3 ♦	2 2	2 2	R R	2 3 ♦	I I	NP	1 1	2 3	1 1
(+) 4 (-) 1 (=) 7	8	SV	98 00	E E	2 2	1 2 ♦	1 2 ♦	1 2 ♦	R R	2 3 ♦	I I	2 2	1 1	2 1	1 1

Analizando esta Tabla, se puede llegar a:

1. **La Unidad PI (Geominera de Holguín)** muestra los mejores resultados en la parte productiva, ya que de los 12 aspectos evaluados a mejorado en 9 de ellos, teniendo síntomas de estancamiento en tres de ellas (Recursos y Contratos y estadio de calidad)
2. **La Unidad SI (Laboratorio)** muestran los mejores resultados en la parte de servicios ocho aspectos mejorados del total de 12 evaluados, presentando síntomas de estancamiento en cuatro de ellos (el interés de la dirección y las relaciones con los clientes, aunque es bueno decir también que el nivel que tienen en esas dos es de por sí alto y para llegar al máximo se requiere tener un excelente trabajo).



3. **La Unidad SII (Servicios Geológicos)** muestra los más pobres resultados en la parte de servicios, ya que solamente ha mejorado en tres aspectos, presentando además decrecimiento en dos de ellos, lo cual es preocupante y está estancada en siete. (relación con los clientes, motivación del personal, recursos para la calidad, el estado de la calidad, los costos de calidad, la capacitación, la interacción de la dirección de la unidad con el Reglamento).
4. **La Unidad PIII (Carbón Activado)** los más bajos resultados en la parte productiva y aunque la planta como tal no ha comenzado a producir, ello no es justificante para estos resultados, pues están en el mejor momento para crear las condiciones para cuando realmente pasen el período de prueba, sea la mejor unidad de la Empresa en esta actividad. Según los aspectos evaluados muestra estancamiento en ocho aspectos (causas que indujeron a la aplicación de este Reglamento, Interés de la dirección en el proceso de implantación de los procedimientos (aunque hay indicios de modificación en este aspecto pero que aún no han cristalizado completamente; la motivación del personal continua igual producto quizás de una capacitación inadecuada; los recursos son mínimos para lograr resultados con calidad desde lo referente al almacenamiento hasta los controles de la producción (hay que hacerlo en el CIPIMM) hasta la venta de los productos que carecen de sus especificaciones de calidad; y así sucesivamente).



## SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD EN LOS SERVICIOS MINEROS

**Ing. Santiago E. Duquesne Oña**

***Empresa GEOMINERA de Pinar del Rio, Carretera Santa Lucía km 1½, Santa Lucía  
Pinar del Rio, CP 22400, Cuba***

### RESUMEN

El presente trabajo propone un modelo de Sistema de Gestión de la Calidad para los Servicios Mineros, que permita elevar constantemente los niveles de calidad del servicio prestado, mediante la prevención y la corrección de las características de calidad, utilizando los diagnósticos de Calidad en la organización y en cada uno de los contactos del cliente; estableciendo los procedimientos para la evaluación y control del proceso del servicio y su mejoramiento continuo; teniendo en cuenta las tendencias más modernas sobre Gestión de la Calidad de los servicios. El modelo demuestra como concebir el proceso global de prestación de un Servicio Minero; aplicando la Dirección Integrada de Proyectos en su Programa de Implantación, bajo el principio de la gestión de procesos, enunciado por las normas ISO 9000 del 2000, que permiten implementar el cambio empresarial, y dónde el protagonista principal de las barreras al cambio es el hombre.

Este trabajo tiene esencialmente un efecto técnico-organizativo y metodológico que proporciona beneficios de una manera sistemática; por las favorables ventajas que brinda, con el evidente ahorro de tiempo, fiabilidad en la información, el incremento de los ingresos y la mejora continua de la calidad y del desempeño; en su ejecución; por valor anual de \$ 38 203,00 de ellos \$ 8 000,00 en USD.

Por sus características generales, puede ser generalizado y aplicado a cualquier otro tipo de servicio.

### ABSTRACT

This works presents the Quality Management in the Mining Services, allow you to know constantly the quality level of lended services and related topics with the structure and organizational function just as the recourses computation with the finality have preliminary impression of the works enterprise, which results express these changes, the prevention and the correction of quality characteristic in the every one customer contacts.

The application of the Project Management has demonstrated that this is a suitable tool for the study of the real conditions for implantation, maintenance and improvement of quality plan, under principle of ISO 9001:2000 standard, also certification enterprise in ISO 9000.

For general characteristics can be generalized and applicated to any other services.



## Introducción

Internacionalmente, la mayoría de las Empresas compiten de una forma u otra en el área de los servicios, incluyéndole a sus ofertas elementos de competitividad. Nuestro país no está exento de esta problemática; por lo que se le ha concedido una creciente trascendencia a la calidad del servicio, como tópico institucional y social. La Empresa GEOMINERA de Pinar del Río, no queda al margen de este proceso de cambios, constituye una de las principales organizaciones empresariales en ofertar Servicios Mineros; como consecuencia de la estrategia de desarrollo industrial de la provincia.

El presente trabajo propone el diseño de un modelo de Sistema de Calidad para los Servicios Mineros, que permita elevar constantemente los niveles de calidad del servicio prestado, mediante la prevención y la corrección de las características de calidad, en cada uno de los contactos del cliente con la organización; estableciendo para cada una de las etapas las formas organizativas más eficaces y los procedimientos para la evaluación y control del proceso del servicio y su mejoramiento continuo; teniendo en cuenta las tendencias más modernas sobre Gestión de la Calidad de los servicios.

La gestión estratégica de calidad abarca el conjunto de decisiones y acciones resultantes de la formulación e implantación de estrategias diseñadas para establecer y cumplir los objetivos de calidad; orientando la movilización de los recursos existentes, mediante la concentración de esfuerzos a un número reducido de fines. Como resultado de su aplicación se demuestra la utilidad del proyecto diseñado y la factibilidad de poderlo extender a cualquier otro proceso de servicios de la propia Empresa que sea objeto de estudio y a otras entidades.

Basándonos en estos hechos y en los resultados del año 1999, se selecciona la Unidad Organizativa de Servicios Mineros encargada de ejecutar operaciones mineras consistentes en: la extracción, carga y transporte de masa minera; remoción de pilas de mineral agotado; preparación de plataformas; así como la construcción, el mantenimiento y la reparación de caminos interiores de la mina y sus accesos a entidades nacionales y extranjeras (asociaciones); contando con un moderno equipamiento minero de alta productividad formado por excavadoras, cargadores, camiones de tiro de mineral, bulldozer y máquinas barrenadoras; representando económicamente más del 40 % del plan de negocios de la Empresa GEOMINERA de Pinar del Río.

## Materiales y métodos

En las difíciles condiciones de la economía cubana y teniendo en cuenta los cambios operados, en la apertura de la inversión extranjera, ha sido indispensable adecuar los mecanismos empresariales a las realidades actuales.

La calidad es una mezcla de componentes objetivos y subjetivos que varía con la situación económica de la Empresa; su posición en el mercado, la competencia y la características de los clientes. Más que definir, por lo tanto, hay que hacer de cada caso un análisis de los principales elementos que configuran la calidad del servicio minero, y son tres:

Hacer bien lo que se hace:  
Hacer al gusto del cliente :  
Hacerlo de forma rentable:

**Calidad objetiva.**  
**Calidad subjetiva.**  
**Calidad rentable**





Los tres elementos están interrelacionados de tal forma que sin uno de ellos pierden sentido todos los demás, por lo que la calidad que se exige en este trabajo tendrá una actuación paralela en los tres campos.

En tal sentido se define:

“ La calidad del Servicio Minero como la aptitud para satisfacer, de manera eficiente las necesidades y requerimientos de sus clientes, en un conjunto de momentos fuertemente interrelacionados entre sí, con el menor costo, minimizando las interrupciones y haciéndolo igual o superior que la competencia ”.

Ello permite que las soluciones conjuguen la lógica con:

- ♦ Lo que el cliente quiere
- ♦ Lo que la Unidad Organizativa puede darle
- ♦ Lo que el contrato requiere y
- ♦ Lo que la Unidad Organizativa quiere dar

Con la filosofía de W. Eduardo Deming que dijo: “ **que un servicio es un proceso y la clave es diseñar la calidad dentro del proceso**”, se diseñó un programa basado en el ciclo de Deming teniendo en cuenta la trilogía de Juran, los aportes teóricos de Ishikawa y las cuatro funciones de gestión de la calidad que define la ISO 9000; que se subdividió en tres fases

La primera fase fue el diseño del proceso del servicio, en ella se ejecutó la planificación de la calidad (PLANEAR del mencionado ciclo), que permitió llevar las necesidades de los clientes a los servicios mineros que la empresa pone en mercado y establecer los requisitos.

La segunda fase fue la del control y el aseguramiento de la calidad del proceso de prestación del servicio. (HACER-VERIFICAR del ciclo)

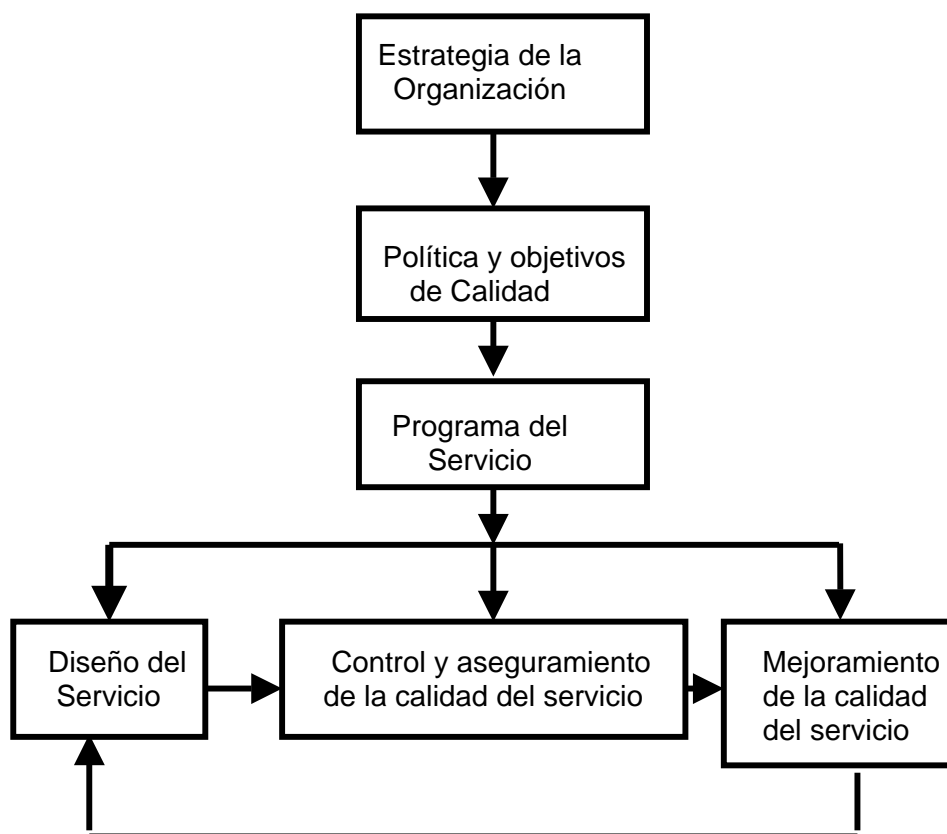
Cumplimiento de los requisitos y dar seguridad interna y externa de que la gestión de calidad se lleva a cabo mediante procedimientos normalizados de operación definidos.

Y una última y tercera fase la de mejoramiento de la calidad, que coincide con la etapa ACTUAR del ciclo, que permitió introducir en la Unidad de Servicios Mineros los cambios necesarios para adecuarse al entorno y rectificar las desviaciones.

Cada una de las fases tiene interrelación entre la anterior y la próxima. Una vez obtenido los resultados en cada fase se establecieron las medidas, con las cuales se eliminaron los problemas, y aquellos no resueltos, se volvieron analizar siguiendo los eslabones de la cadena de procesos que permiten obtener el servicio, partiendo de las necesidades del mismo.

La planificación de la calidad comprende las actividades que determinan los objetivos y requisitos para la calidad y la puesta en práctica de los elementos del sistema de calidad.

La planificación de la calidad se llevó a cabo desagregando el proceso general de la obtención de servicios mineros, en los diferentes procesos específicos y estos a su vez se desagregaron en procesos unitarios mediante los cuales se buscó la relación cliente-suministrador, utilizando el “mapa de carreteras de Juran” a partir de los resultados de los estudios de mercado realizados que recorrió las siguientes etapas:



Interrelación de las fases PHVA

Cumplimiento de los requisitos y dar seguridad interna y externa de que la gestión de calidad se lleva a cabo mediante procedimientos normalizados de operación definidos.

Y una última y tercera fase la de mejoramiento de la calidad, que coincide con la etapa ACTUAR del ciclo, que permitió introducir en la Unidad de Servicios Mineros los cambios necesarios para adecuarse al entorno y rectificar las desviaciones.

Cada una de las fases tiene interrelación entre la anterior y la próxima. Una vez obtenido los resultados en cada fase se establecieron las medidas, con las cuales se eliminaron los problemas, y aquellos no resueltos, se volvieron analizar siguiendo los eslabones de la cadena de procesos que permiten obtener el servicio, partiendo de las necesidades del mismo.

La planificación de la calidad comprende las actividades que determinan los objetivos y requisitos para la calidad y la puesta en práctica de los elementos del sistema de calidad.

La planificación de la calidad se llevó a cabo desagregando el proceso general de la obtención de servicios mineros, en los diferentes procesos específicos y estos a su vez se desagregaron en procesos unitarios mediante los cuales se buscó la relación cliente-suministrador, utilizando el “mapa de carreteras de Juran” a partir de los resultados de los estudios de mercado realizados que recorrió las siguientes etapas:

- a) Definición del servicio a partir de los estudios de factibilidad.
- b) Identificación de los clientes.
- c) Determinación de las necesidades de los clientes en su lenguaje.



- d) Traducción de las necesidades de los clientes al idioma de nuestros técnicos.
- e) Establecimiento de las unidades de medidas.
- f) Desarrollo del servicio.
- g) Desarrollo del proceso.
- h) Optimizar: Demostración de la capacidad del proceso, mediante la determinación de los valores característicos de calidad y las variables del proceso.
- i) Transferir el proceso a las fuerzas operativas.

Además se tuvo en cuenta como elemento del diseño del proceso las siguientes

- ♦ Procedimientos y métodos para la prestación del servicio.
- ♦ Selección de equipos y medios auxiliares.
- ♦ Ubicación y los tamaño de las áreas de labor.
- ♦ Recursos humanos.
- ♦ Suministros.
- ♦ Sistema de control de la calidad.
- ♦ Sistema de mejoramiento de la calidad.
- ♦ Sistema informativo.

En el control y aseguramiento de la calidad se puso de manifiesto la expresión de la garantía de calidad en el puesto de trabajo con las siguientes indicaciones:

**1. Conocer lo que hay que hacer.**

- ♦ Conocer, entender, y aceptar los resultados a lograr.
- ♦ Conocer como hacer el trabajo y porque se hace.
- ♦ Disponer de los materiales, medios y la información necesaria.
- ♦ Estar adecuadamente entrenado para realizar el trabajo.
- ♦ Conocer las características de calidad del servicio.

**2. Ser capaz de detectar problemas de calidad.**

- ♦ Disponer de medios para conocer el resultado de la tarea.
- ♦ Estar capacitado para detectar resultados insatisfactorios.

**3. Ser capaz de tomar acciones correctivas.**

- ♦ Estar entrenado en la regulación del proceso.
- ♦ Estar autorizado a emprender acciones correctivas.

**4. Estar motivado para hacerlo, según las posibilidades de satisfacer algunas necesidades individuales:**

**a) Reconocimiento de resultados**

- ♦ Mostrar el aprecio de la Unidad por resultados superiores.
- ♦ Reconocer a los trabajadores que hacen aportes de importancia y estimular futuros mejoramientos.
- ♦ Divulgar los resultados destacados a través de un efectivo sistema de comunicación.
- ♦ Variedad en las formas de estimulación (primas , pago en divisas, tiendas de estímulo y que a partir de enero del 2000 se usará la tarjeta magnética.
- ♦ Mejorar el clima de la organización.

**b) Participación, de modo que el trabajador sienta que sus opiniones y criterios son tomados en cuenta y que se tiene**



confianza en su actuación; de modo que se comprometa más con la calidad de los resultados de su labor mediante;

- ♦ Control del proceso de prestación de servicios.
- ♦ Mejoramiento del servicio y del proceso.
- ♦ Sistema de sugerencias (Ver PNO).

**c) Calidad de vida laboral**, que aborda el diseño de los puestos de trabajo; combinándolo con un enfoque sociotécnico de la administración que abarca los siguientes factores:

- ♦ Condiciones de trabajo seguras.
- ♦ Trabajo que vale la pena hacerlo
- ♦ Remuneraciones adecuadas.
- ♦ Seguridad de empleo
- ♦ Supervisión competente
- ♦ Retroalimentación de resultados.
- ♦ Oportunidades de aprender.
- ♦ Posibilidad de progresar por méritos
- ♦ Justicia y equidad
- ♦ Clima social positivo

Para el control y aseguramiento de la calidad como resultado de la acción, requiere de una serie de actividades que tienen por objetivo comparar un estado actual como consecuencia de la acción, con otro estado planificado se desarrollaron tres aspectos fundamentales:

- a) Control del sistema diseñado para prestar el servicio por el personal ejecutivo (Revisión de la Dirección).
- b) Control del proceso de prestación del servicio por los trabajadores mediante el Autocontrol.
- c) Control de las acciones de mejoramiento por el equipo de mejoras de calidad a partir de las quejas y reclamaciones, del análisis de los indicadores económicos y el sistema de coordinación de la calidad del servicio.

Para lograr el mejoramiento continuo de la calidad se emprendieron acciones en la Unidad organizativa para aumentar la eficiencia y eficacia de las actividades de los procesos para brindar beneficios adicionales tanto a la empresa como a sus clientes, que se basaron en factores que inciden en la variación de los procesos; como son; el hombre, los materiales, los métodos (procedimientos e instrucciones técnicas); los medios de medición y los medios de trabajo.

El proyecto de mejoras del sistema de calidad del servicio minero utilizó como criterios de selección los originales:

- ♦ Impacto económico de los problemas
- ♦ Cronicidad de los problemas.

Así mismo se aplicó la ruta de calidad que contempla las siguientes actividades.

- ♦ Definición del problema (razones para la mejora)
- ♦ Reconocimiento de las características del problema (observación) que indica la situación actual.
- ♦ Búsqueda de las principales causas (análisis).
- ♦ Acciones correctivas para eliminar las causas (acción) a partir de los resultados obtenidos se realiza la:
- ♦ Confirmación de la eficacia de la acción (verificar)
- ♦ Eliminación permanente de las causas (estandarización)



- ♦ Revisión de las actividades y planeación del trabajo futuro (conclusiones)

En la organización, la planificación, la medición y la revisión de este proyecto se utilizó un equipo de mejoras de calidad de 3 técnicos, que se utilizó la hoja de planificación del proyecto la matriz de selección de temas a partir de la tormenta de ideas y las herramientas básicas de la calidad que incluyen la hoja de recolección de datos; y diagrama causa efecto.

Hoja de análisis para la planificación de la calidad

1. Necesidades de los clientes

- a) **PRIMARIAS: Servicio minero económico.**
- b) **SECUNDARIAS: Costo de operación bajo.**
- c) **TERCIARIAS: Confianza en el Servicio prestado.  
Servicio adecuado.**

2. Traducción

Las necesidades primarias y secundarias ya están expresadas en nuestro lenguaje.

- ♦ **Confianza en el servicio prestado = Ausencia de fallos o equivocaciones en el trabajo pactado (interrupciones mínimas)**
- ♦ **Servicio adecuado = Rapidez  
= Competencia  
= Cortesía**

3. Unidades de medida

- ♦ **Fallos en la prestación del servicio:**
  - ☐ Tiempo medio entre fallos: ( horas de mantenimiento al equipo por horas de funcionamiento)
- ♦ **Interrupciones del servicio:**
  - ☐ Tiempo no productivo en porciento ( lo contrario de tiempo útil)
- ♦ **Contenido de errores en los servicios:**
  - ☐ Porcentaje de errores en facturación o de medición del trabajo ejecutado, etc.
- ♦ **Tiempo del servicio:**
  - ☐ Días, horas
- ♦ **Rapidez:**
  - ☐ Días, horas
- ♦ **Competencia:**
  - ☐ Porcentaje de comunicaciones del cliente solicitando el servicio.
  - ☐ Costo de la mala calidad: Relación entre el costo de calidad y el volumen de prestación de servicios.
  - ☐ Limpieza y ordenamiento en la labor.
- ♦ **Cortesía:**
  - ☐ Frecuencia de las quejas por falta de cortesía, amabilidad, trato, etc.



#### 4. Sensores

La mayoría de los sensores que se han utilizado para evaluar las necesidades de los clientes, están relacionados con sistemas de datos; es decir registros que se han de guardar y resumir.

Los sensores humanos son una fuente importante de error, específicamente los de interpretación, que se han de reducir por medio de definiciones precisas de tecnología, instrucciones y procedimientos detallados, listas de comprobación, formación y exámenes de calificación.

#### 5. Características de calidad. Sus valores nominales y tolerancias y el desarrollo del proceso.

Por el método de expertos se determinaron 5 **Momentos De Verdad** para cada uno de los procesos unitarios planteados.

A modo de ilustración se tomó el **Momento de Verdad 1.3** correspondiente a la etapa de ejecución del servicio de acarreo de masa minera.

#### Metas del servicio

##### ☐ **CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:**

- a) **HIGIENE:** Mantener acceso y alrededores de las áreas de labor limpias y preparadas, según lo que se establece en el procedimiento normalizado de operación vigente.
- b) **ILUMINACION:** Las luminarias relacionadas con las áreas de trabajo funcionarán; así como todos los equipos de acarreo tendrán sus luces en perfecto estado.
- c) **AMBIENTE ACUSTICO:** Los niveles de ruido se mantendrán por debajo de los límites permisibles.
- d) **AMBIENTE EN LA ZONA DE LABOR:** Se mantendrán los niveles de polvo por debajo de los valores establecidos en la instrucción técnica de la Empresa.
- e) **ORDEN:** Mantener la disposición del equipamiento en la zona de trabajo sin riesgos de accidentes.

##### ☐ **CARACTERÍSTICAS DE LA OFERTA:**

- a) **PRESENTACION:** Trabajadores con porte y apariencia agradables, estricta higiene personal y uso correcto del uniforme y el casco protector.
- b) **OPERATIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE LABOR:** Los equipos funcionarán correctamente.
- c) **INTEGRIDAD Y EXISTENCIA:** Desarrollar la totalidad de actividades y tareas planificadas.
- d) **CORRESPONDENCIA PRECIO-CALIDAD:** Total correspondencia.

##### ☐ **CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO AL CLIENTE:**

La metodología empleada para la evaluación y control de las características de calidad del servicio al cliente; indica con expresión numérica los procesos que requieren mayor atención, identifica los puntos débiles, apunta las acciones correctivas y ayuda consecuentemente al responsable a establecer sus objetivos.



La metodología abarca los siguientes pasos:

- 1) Establecimiento de los Momentos de Verdad, en lo sucesivo (MV); preciso instante en que el cliente entra en contacto con la organización y por tanto es capaz de valorar la calidad del servicio.
- 2) Fijación de las metas del servicio; incluye las características de calidad o atributos que se miden de forma cuantitativa o cualitativa.
- 3) Calificación de las características de calidad o atributos que se miden.
- 4) Calificación de los Momentos de Verdad.
- 5) Calificación de la Gestión de Calidad del Servicio, entiéndase como la acción y el efecto de realizar las tareas del servicio con el cuidado, esfuerzo y eficacia que conducen a una finalidad; en otras palabras la optimización de los recursos del servicio (materiales, humanos y financieros).
- 6) Supervisión de seguimiento y control.

Como principales indicadores se tomaron los siguientes:

- a) **TIEMPO DEL SERVICIO:** No mayor que el establecido en la instrucción técnica.
- b) **TIEMPO DE ACCESO:** Inmediato (personalmente)
- c) **DOMINIO DEL CONTENIDO:** Poseer conocimientos y destrezas en el desempeño de la labor a realizar.
- d) **DOMINIO DE LA OFERTA:** Conocimientos absolutos de todas las características de calidad del servicio.
- e) **HABILIDAD:** Total adiestramiento para procesar la solicitud, sin torpezas.
- f) **CAPACIDAD DE TRABAJO:** Se atienden todas las solicitudes hechas por el cliente; siempre y cuando estén relacionadas en el contrato.
- g) **CORTESIA, AMABILIDAD, ASPECTO PERSONAL, HONESTIDAD Y ETICA:** Cumplir lo establecido en el procedimiento vigente.

Los elementos del Sistema de Calidad del proceso de prestación del servicio se establecieron en el Manual de Calidad de la Unidad de Servicios Mineros; aplicando la NC-ISO 10013: 1997 Directrices para el desarrollo de los Manuales de Calidad.

### Resultados y discusión

Nos proponemos ahora un nuevo **cambio**, en la Unidad de Servicios Mineros; en la cual se detecta que existen retrasos en la prestación de los servicios, como resultado de problemas que están latentes, que se dejan pasar y que la costumbre ha sido convivir con ellos, pensando que son parte de la Empresa y de la propia Unidad.

Los retrasos en el servicio ofertado están relacionados con el tiempo de prestación del servicio; que es la suma del tiempo útil del servicio más el tiempo no productivo; por lo que el objetivo va dirigido al análisis de este último.

### Selección del problema prioritario

El criterio utilizado fue el del impacto económico y el de la cronicidad de los problemas. Veamos la siguiente tabla:





**TIEMPO NO PRODUCTIVO EXPRESADO EN HORAS AÑO 1999**

DENOMINACION DE LA CAUSA	ACTIVIDADES			TOTAL	VALOR EN MP DEJADO DE PRODUCIR
	ACARREO DE MASA MINERA	REMOCION	BARRENACION		
PROBLEMAS DEL CLIENTE	2 830,92	94,5	108,5	3 033,92	197,5
LLUVIAS	448,68	456,05	199,5	1 104,23	48,5
ROTURAS DE EQUIPOS	107,09	332,41	1 078,4	1 517,9	28,0
<b>PROB. ORGANIZATIVOS</b>	62,94	1 540,39	242,5	1 845,83	60,9
CONDICIONES DE TRABAJO	45,33	104,33	97,7	247,36	7,6
<b>TOTALES</b>	<b>3 494,96</b>	<b>2 527,68</b>	<b>1 726,6</b>	<b>7 749,24</b>	<b>342,5</b>

Como puede observarse de las cinco causas hay dos; que aunque tienen un peso grande (el 72 % ); la Unidad no puede ejercer acciones correctoras directas sobre su incidencia; resultando del resto que la que mayor impacto económico tiene son: los problemas organizativos ( el 18%), seleccionándose estos para la aplicación del mejoramiento de procesos.

**Reconocimiento de las causas del problema**

La identificación de las posibles causas se hizo mediante una sesión de tormenta de ideas; en la que obtuvo los siguiente:

- 1) Falta de programación del mantenimiento a equipos mineros.
- 2) Falta de documentos normativos(reglamentos, manuales de calidad, procedimientos, instrucciones técnicas, normas, etc.)
- 3) Mala iluminación de la zona de trabajo.
- 4) Polvo en la zona de operaciones.
- 5) Falta de capacitación.
- 6) Planes de servicios que no se ejecutan.
- 7) Solicitudes mal hechas(pedidos superiores a las necesidades).
- 8) Facturas mal elaboradas.
- 9) Fallas y equivocaciones que se repiten con frecuencia.
- 10) Falta de combustible.
- 11) Mala programación del uso del equipamiento.
- 12) Errores de los operarios.

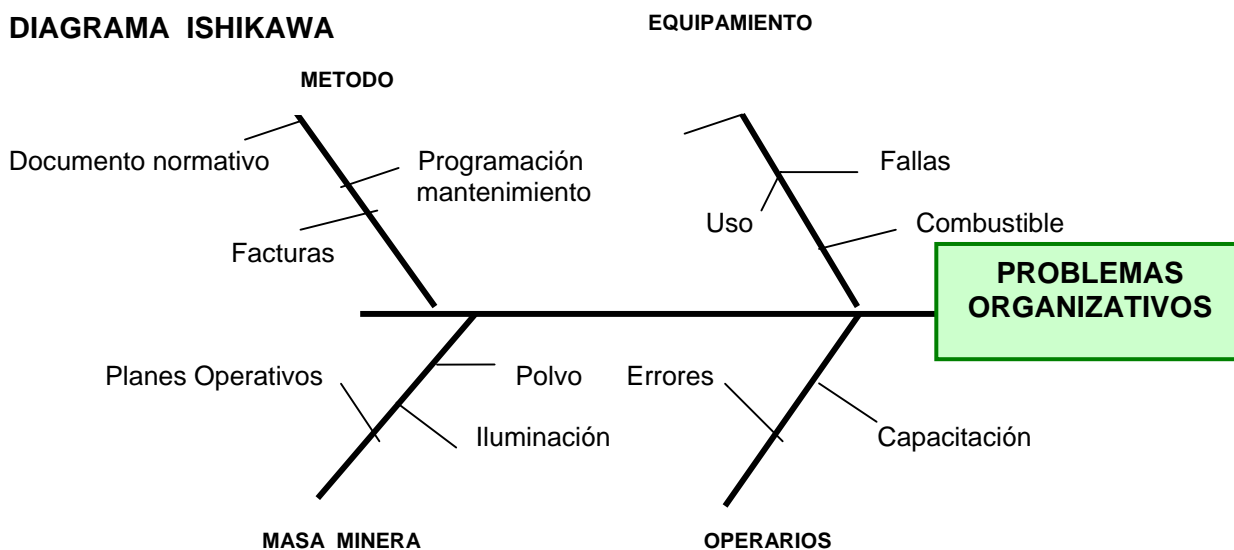
Para determinar la causa más importante; primero se representaron en un Diagrama ISHIKAWA, a partir del cual, mediante la discusión en grupo y en consenso, se decidió que las causas más importantes son:

- 1) Falta de programación del mantenimiento a equipos mineros.
- 2) Falta de documentos normativos (reglamentos, manuales de calidad, procedimientos, instrucciones técnicas, normas, etc.)
- 3) Mala iluminación de la zona de trabajo.
- 4) Polvo en la zona de operaciones.
- 5) Falta de combustible.
- 6) Falta de capacitación.





## DIAGRAMA ISHIKAWA



## ACCIONES PARA ELIMINAR LAS CAUSAS

- ☐ Elaboración e implementación de la programación del mantenimiento al equipamiento minero, como parte del tiempo de operaciones mineras.
- ☐ Elaboración e implementación de los documentos normativos de la Unidad de Servicios Mineros, según el Cronograma que se indica en el anexo. En esta documentación se incluyen: Reglamentos, Manuales de Calidad, Normas e Instrucciones técnicas.
- ☐ Instalar reflectores portátiles en la zona de operaciones mineras.
- ☐ Desarrollar el servicio de humectación de los caminos mineros, de acuerdo a una programación que este en función de las condiciones climatológicas (dirección e los vientos, etc.)
- ☐ Disponer en la zona de operaciones de un camión cisterna de combustible que pueda abastecer en un horario establecido el equipamiento minero y según los consumos establecidos para las funciones a desarrollar.
- ☐ Capacitar a los operarios en las instrucciones de los puestos de trabajo, así como toda la documentación que le sea aplicable del Reglamento para la organización y dirección técnica de la producción y los servicios de la Empresa.

## CONFIRMACION DE LA EFICACIA DE LAS ACCIONES

Después de encausar las soluciones anteriores, se obtienen los siguientes resultados, que corresponden al primer trimestre del año 2000 ( cierre: 25/03/2000), que fueron comparados con el mismo periodo del año 1999.



## TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS

INDICADORES	U M	SITUACION ANTES DE LA MEJORA		OBJETIVO A ALCANZAR (- 20 %)		SITUACION DESPUES DE LA MEJORA	DEJADO DE PRODUCIR EN MP
TIEMPO NO PRODUCTIVO TOTAL:	h	882,8	24 MP	706,1	19,1 MP	538,1	15,1
• ACARREO DE MASA MINERA	h	53,8	3,7 MP	42,8	2,9 MP	35,4	2,4
• REMOCION	h	494,3	17,5 MP	395,3	14 MP	301,2	11,0
• BARRENACION	h	334,7	2,8 MP	268,0	2,2 MP	201,5	1,66

De la tabla anterior se observa de forma evidente que en iguales periodos analizados hubo una disminución del tiempo no productivo equivalente al 39 % y de un 24 % respecto al objetivo a alcanzar.

También como beneficio de la aplicación de estas acciones se lograron los siguientes documentos normativos: un Reglamento Específico para la Organización y Dirección Técnica de los Servicios; un Manual de la Calidad; siete procedimientos normalizados de operación y una norma.

## CONCLUSIONES

Con la implantación del Reglamento para la Organización y Dirección Técnica de la Producción y los Servicios de la Empresa Geominera Pinar del Rio y el resto de documentos normativos que el mismo regula; la Unidad de Servicios Mineros transita por el camino de la mejora continua; donde se ha puesto de manifiesto el enfrentamiento a la resistencia natural del cambio, aplicando nuevos métodos y prácticas en la labor minera.

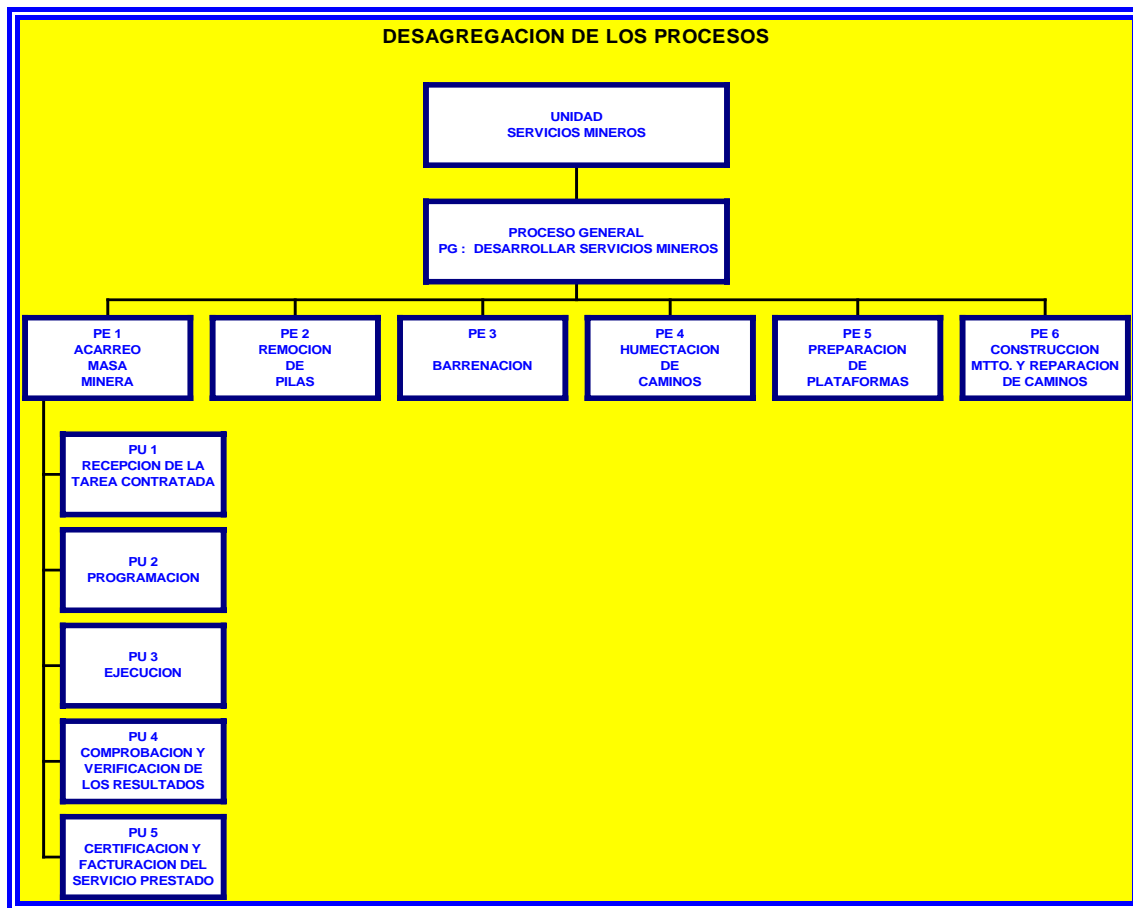
La mejor forma de enfrentar el cambio es demostrando a todos los miembros de la organización, cual sería el beneficio que se obtiene para la Empresa y sus miembros.; es decir convenciéndolos de que lo nuevo es mucho mejor.

Estas acciones también han constituido un complemento en las medidas tomadas para la aplicación del Perfeccionamiento Empresarial en la Unidad de Servicios Mineros, además de estudiar los nuevos requerimientos de gestión de la mejora continua, abordados en las nuevas normas ISO 9000; de la serie del año 2000.

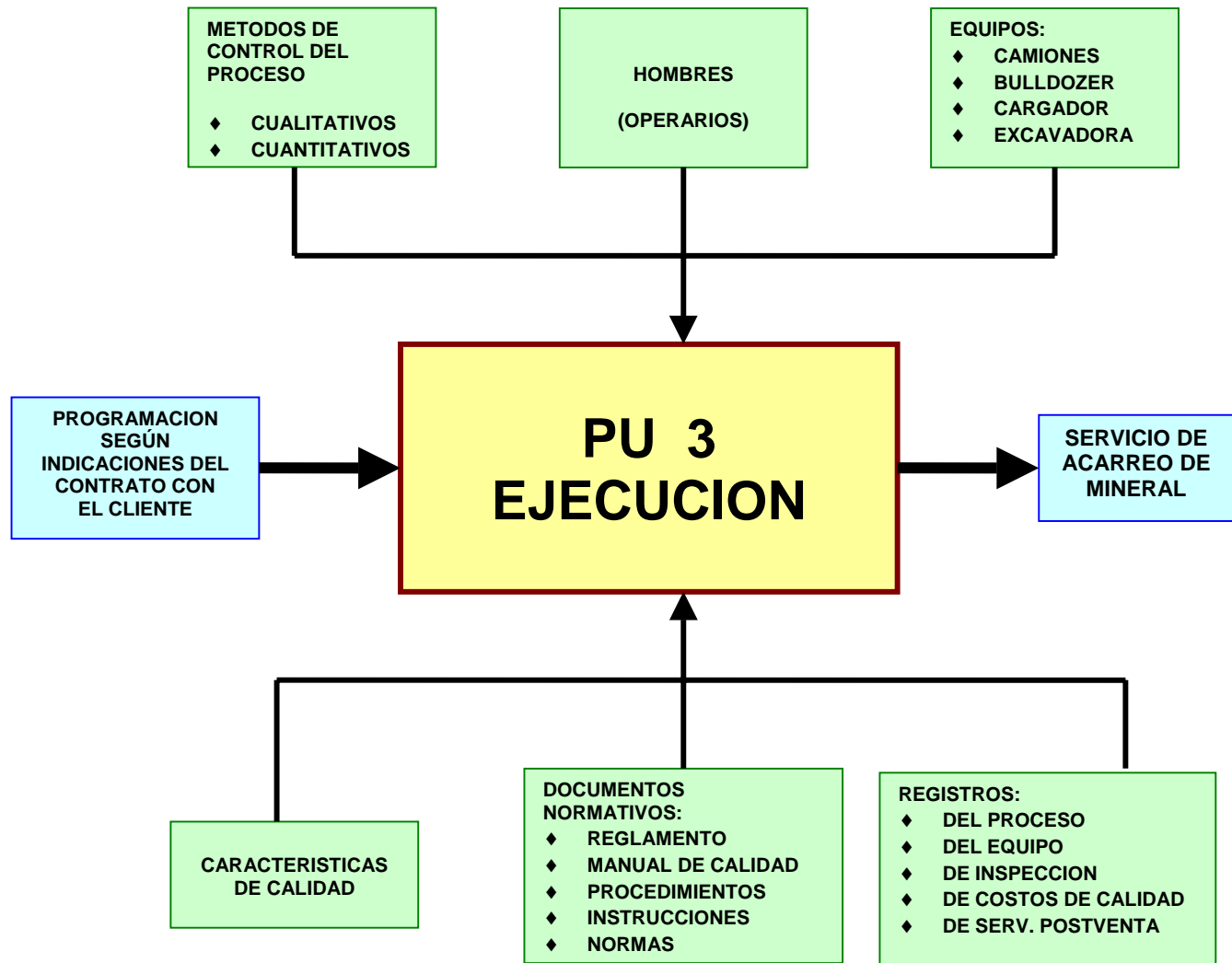


## BIBLIOGRAFIA

- Díaz Caballero, José Ricardo Dr. De la Situación Problemática al Problema de la Investigación.
- Duquesne Oña, Santiago Eugenio Ing. Estrategia para realizar un servicio con calidad en la Empresa GEOMINERA de Pinar del Río. Febrero, 1998
- Gómez Beltrán, José Ramón, Dr.,Ing. Planificación de la Calidad. ESIB 1999
- Juran J.M.; Frank M. Gryna Análisis y planeación de la calidad. 3. Edición Mc Graw Hill, Mexico, 1995
- Juran J. M. Juran y la Planificación de la Calidad. Editorial Díaz Santos S.A. España , 1990
- Parasuraman A. Calidad Total en la Gestión de los Servicios. Editorial Díaz Santos S.A. España , 1993
- Rosander A.C. La búsqueda de la Calidad en los Servicios. Editorial Díaz Santos S.A. España , 1992



## ANÁLISIS DEL PROCESO UNITARIO DE EJECUCIÓN





## PROYECTO TIERRA: CONTRIBUCIÓN A LA INFORMATIZACIÓN DE LA MINA DE LA EMPRESA COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA.

**Arístides Alejandro Legrá Lobaina<sup>(1)</sup>, Ramón Gilberto Polanco Almanza<sup>(2)</sup>**

(1) Instituto Superior Minero Metalúrgico, Las Coloradas s/n, Moa, Holguín, Cuba C. Electrónico: [alegra@moa.minbas.cu](mailto:alegra@moa.minbas.cu).

(2) Moanickel S.A. Pedro Sotto Alba, Moa, Holguín, Cuba, C. Electrónico. : [rpolanco@moanickel.com.cu](mailto:rpolanco@moanickel.com.cu).

### RESUMEN

Este trabajo describe la contribución del Proyecto TIERRA a la informatización de la Subdirección de Minas de la Empresa Ernesto Che Guevara de Moa, Provincia Holguín. En el se describen las etapas de esta tarea:

- ◆ Estudio preliminar de la situación de la explotación minera en esta empresa y de los conceptos básicos y fases de la informatización.
- ◆ Desarrollo del sistema algorítmico que se emplea para informatizar las tareas de pronóstico, control y planificación.
- ◆ Diseño y desarrollo del software necesario (Tierra Versión (C) 1.5).
- ◆ Implantación del sistema mediante la aplicación informática Tierra.

En cada una de estas etapas se explican los resultados principales obtenidos, resaltando el sistema algorítmico para lograr implementar el lazo de control correspondiente y el desarrollo de la aplicación informática Tierra que actualmente es el software de manejo del pronóstico de la planificación y del control de la minería en dicha empresa.

### ABSTRACT

This work describes the contribution of the Project TIERRA to the computerizing of the Subdirección of Mines of the Company Ernesto Che Guevara of Moa, Holguín Country. In the same the stages of this task are described:

- ◆ Preliminary study of the situation of the mining exploitation in this company and the basics concepts and phases of the computerizing.
- ◆ Develops system of methods to employ to computerize the tasks of prognostics; control of the mining; and planning.
- ◆ Designs and development software (Tierra Version (C) 1.5).
- ◆ Implants system by means of the application computational Tierra.

Are explained the results in each one of these stages, especially the system of methods to implant for control. Are explained too the development of the application computational Tierra that now is the software of handling of the prognostics, of the planning and of the control of the mining in this company.

## INTRODUCCIÓN

El problema de la informatización de un proceso en una empresa es actualmente uno de los más complejos de enunciar y de resolver [1,4,6,14,22,27] ya que va más allá de la simple confección de un software (por excelente que sea su calidad) y su utilización posterior. Este trabajo tiene como objetivo describir como se ha desarrollado la informatización de las tareas de Pronóstico, Planificación y Control de la Minería en la Subdirección de Minas de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara en Moa, Provincia Holguín, tarea nunca antes desarrollada con este alcance en nuestro país para este tipo de empresa.

Previamente, para que se tenga una idea de las escalas en que se ha trabajado, diremos que en esta mina en el año 2000 se extrajeron y transportaron al proceso metalúrgico alrededor de  $3,5 \times 10^6$  t de mineral para extraer aproximadamente  $30 \times 10^3$  t de níquel+cobalto. Además se trasladaron alrededor de  $1,6 \times 10^6$  t de material estéril que debió ser convenientemente almacenado o usado con otros fines. Este trabajo se realizó con equipamiento muy complejo y caro (5 excavadoras de cubo de arrastre y 2 retroexcavadoras) y la transportación se realizó en camiones con capacidades que oscilan entre 20 y 40 t aproximadamente. El objetivo central de todo el proceso fue lograr hacer una minería eficiente sobre un yacimiento con un alto nivel reconocido de variabilidad de las concentraciones del Ni, Fe y Co y de la potencia del cuerpo mineral definido para los límites geoquímicos establecidos, cumpliendo con los planes establecidos lo cual precisa, para una ejecución óptima, de una fuerte informatización del proceso. La dirección de esta empresa, y en particular la de la mina, ha emprendido esta tarea de informatización como una de las principales en los procesos de modernización y perfeccionamiento empresarial que acomete y lo ha hecho con un espíritu de cooperación muy bien definido. Es por ello que independientemente de que algunas personas tengan papeles protagónicos en el éxito de estas actividades, ellas han sido desarrolladas por un colectivo numeroso y entusiasta que incluye a los que han instalado el hardware necesario, a los que han tecleado los datos y otros muchos que, incluso hoy, se esfuerzan para que los sistemas trabajen establemente.

## DESARROLLO

### I. Generalidades

Enunciaremos una serie de ideas fundamentales:

- A. Necesidad del sistema Pronóstico - Planificación - Control: La correcta planificación de la minería a partir de una modelación adecuada del yacimiento y su control durante y después de la extracción (que a su vez define la corrección de la modelación) ejercen una influencia decisiva en el comportamiento de los principales índices técnicos y económicos generales de la empresa minera [1,4,17,18,20].
- B. Necesidad de algoritmos y softwares especializados: Los yacimientos lateríticos del nordeste de Cuba por sus características naturales exigen una minería particular para su explotación [17,20], por ese motivo y debido al desarrollo histórico de la minería cubana del níquel (con fuerte influencia



norteamericana antes de 1959 y de la antigua Unión Soviética entre los años 1959 y 1990) la utilización de los softwares más difundidos universalmente en esta rama pueden no ofrecer directamente los resultados óptimos esperados. En la actualidad, según nuestro conocimiento, no se han comercializado a escala internacional softwares especializados para la explotación de este tipo de yacimientos.

- C. Existencia de conocimiento teórico – práctico: La industria cubana del níquel basada en la explotación de este tipo de mineral posee una rica experiencia de más de 50 años y en cada una de las fábricas que hoy se explotan se han seguido criterios análogos, observando las características propias de los yacimientos, equipamiento minero y proceso metalúrgico [17,20], esto es de vital importancia pues junto con la existencia de centros como el Instituto Superior Minero Metalúrgico y el Centro de Investigaciones de las Lateritas que tienen especial dedicación al estudio del proceso de la explotación óptima de estos yacimientos, a la búsqueda de información actualizada y al intercambio científico – técnico con especialistas y centros análogos cubanos y extranjeros, significa que se dispone de un significativo nivel de conocimiento teórico y práctico sobre este tema.
- D. Existencia de experiencia en la informatización de la explotación minera: El gran volumen de datos geológicos sobre estos yacimientos y su diversidad es un factor que ha dificultado desde el principio el análisis de múltiples variantes de explotación en periodos de tiempo breves lo cual ha motivado que en ocasiones las decisiones adoptadas con métodos manuales no sean las óptimas ó incluso racionales sin embargo esto ha motivado que se hayan desarrollado desde 1986 [2,3,7,8,16,21,23] varios softwares que permitieran el manejo y el cálculo de algunos índices a partir de los datos conocidos.

Todo lo anterior ha motivado que, a partir de 1996, la Subdirección de Minas de la ECECG comenzara a estudiar de manera muy especial (existían algunos estudios [22]), junto a especialistas de otras empresas, las vías para lograr que en breve tiempo una verdadera informatización de las actividades relacionadas con la explotación de estos yacimientos.

Pero definamos primero:

#### **¿Qué es informatizar un proceso técnico que transcurre en una empresa?**

Es necesario definir primero que es *informatizar la empresa*, por ello entendemos: crear las condiciones materiales para lograr el intercambio de información entre las entidades que forman la empresa considerando sus niveles de jerarquía y el volumen de la información que se maneja mediante un conjunto de aplicaciones computacionales que generalmente funcionan organizados bajo una Red Local (Local Area Network, LAN) y en los casos necesarios bajo una Red Global (Global Area Network, GAN) que agrupe a varias LAN. Este conjunto de aplicaciones debe cumplir ciertos requerimientos relacionados con su organización, su completitud para resolver las tareas planteadas, su funcionamiento como sistema, así como otros requerimientos relacionados con la seguridad, fiabilidad, posibilidad de mantenimiento y desarrollo, existencia de documentación y manuales, optimización de los procesos de almacenamiento, acceso, intercambio y procesamiento de la información, etc; asimismo este software

debe ser explotado sobre el hardware disponible por un personal suficientemente calificado y en continuo desarrollo profesional; todo esto presupone la existencia de bases de datos normalizadas y suficientemente organizadas y completas. Informatizar un proceso técnico va más allá de este intercambio y procesamiento óptimo de la información bajo las condiciones explicadas, ya que además **se debe considerar la optimización**, según ciertas variables, de la ejecución del proceso específico que se informatiza el cual generalmente transcurre en tiempo real y se vincula al uso de sensores y de autómatas y es además una tarea que precisa una alta calificación profesional.

Por todo lo anterior la informatización de la empresa se ha definido para cuatro etapas:

- I. Estudio preliminar de la situación y planteamiento de los conceptos básicos y fases de la informatización.
- II. Definición de los sistemas algorítmicos a emplear.
- III. Diseño y desarrollo de los softwares necesarios.
- IV. Implantación de los sistemas desarrollados.

Brevemente enunciaremos como se desarrolló cada etapa:

## **II. Etapa del estudio preliminar de la situación y planteamiento de los conceptos básicos y fases de la informatización.**

La Empresa Geológica de Santiago de Cuba desarrolló por encargo de la Subdirección de Minas de la ECECG un profundo estudio sobre la situación real de la información en la mina respecto a su diseño, completitud, normalización, fiabilidad y nivel de digitalización y, considerando también los estudios realizados anteriormente [7,8,22], se confeccionó un modelo detallado de la situación informática a partir del cual se definieron los siguientes conceptos [9,10,11]:

A. Niveles para la organización de la ejecución de las tareas de informática en la mina:

- ◆ Nivel Estratégico: Corresponden los análisis y las orientaciones más generales y esenciales para el funcionamiento del sistema informativo.
- ◆ Nivel Táctico: Se originan las informaciones e instrucciones necesarias para el funcionamiento del nivel operativo (Departamentos Técnico y de Geología) y se realiza el procesamiento y análisis de los datos aportados por este último.
- ◆ Nivel Operativo: Se corresponde con los puntos que realizan la producción y en este nivel fundamentalmente se generan los datos.

B. Los Componentes del Flujo Informativo de la Mina, en general puede describirse como:

- ◆ Sección de Geología.
- ◆ Sección Técnica.
- ◆ Despacho de Producción.
- ◆ Sección de Economía.
- ◆ Sección de Mantenimiento.
- ◆ Dirección de la Mina.

C. Las Bases de Datos principales que intervienen en el Flujo Informativo de la Mina son:



- ◆ Base de Datos Geológicos.
- ◆ Base de Datos Topográficos.
- ◆ Base de Datos de Recursos y Reservas Originales.
- ◆ Base de Datos de Recursos y Reservas Reevaluadas.
- ◆ Base de Datos de Recursos y Reservas Agotadas.
- ◆ Base de Datos Operacionales.
- ◆ Base de Datos Económicos.
- ◆ Bases de Datos de Mantenimiento.

D. Elementos básicos de la informatización de la mina:

- ◆ HARDWARE: Equipamiento.
- ◆ SOFTWARE: Aplicaciones (programas).
- ◆ ORGWARE: Organización de la Información y del trabajo con la misma.
- ◆ HUMANWARE: Superación y organización de los recursos humanos.

E. Fases para la informatización de la mina:

- ◆ Primera Etapa: Familiarización del personal con la intervención de la computadora en la gestión diaria y uso opcional de aplicaciones generales para la solución de problemas relacionados con manejo y análisis de los datos.
- ◆ Segunda Etapa: Solución de los requerimientos básicos de hardware (incluyendo las redes), software (manejo de las bases de datos, tratamiento y análisis de la información), orgware (normalización y confección de las bases de datos) y humanware (capacitación básica del personal técnico y administrativo en la explotación de los sistemas). La computación deja de ser un recurso opcional. Se dedica menos tiempo al control manual de procesos y datos y mayor tiempo al análisis y corrección de la modelación y de la optimización de las operaciones mineras.
- ◆ Tercera Etapa: La computadora es una herramienta común y necesaria para el trabajo diario. Esta etapa está dirigida a la automatización de la obtención de los datos mediante la aplicación de autómatas en los equipos topográficos, excavadoras, equipos de transporte, básculas, etc y a una creciente automatización de la toma de decisiones óptimas.

A partir de estos conceptos se definió un plan de trabajo a largo plazo cuyo objetivo general es concretar las etapas para la informatización de la mina. Este plan ha debido ser desglosado en varias tareas relacionadas con la informatización de los grupos de actividades afines, para ello fue necesario establecer los sistemas algorítmicos a emplear.

### III. Definición de los sistemas algorítmicos a emplear.

Se definió la necesidad de sistemas algorítmicos generales que según nuestro criterio son:

- A. Sistema Administrativo General (SAG) de la Subdirección de Minas. Aquí se incluye el control económico de todas las actividades.
- B. Sistema para el Control de la Minería Realizada (SCMR) desde el punto de vista del equipamiento utilizado y del material extraído, transportado, almacenado y enviado a la planta metalúrgica.

- C. Sistema para el Pronóstico (define los recursos y reservas a partir de modelos geométricos, geoquímicos, geofísicos, hidrogeológicos, etc), planificación de la minería (planes para cinco años, anuales, mensuales, para cinco días y diarios) y control de la minería (control topográfico, de recursos, de reservas y del destino del material extraído) que denotamos SPCPM.
- D. Sistema para la Planificación y Control del Mantenimiento del Equipamiento (SPCME).

Cada uno de estos sistemas algorítmicos es desarrollado atendiendo a:

1. Cubrimiento total de las necesidades actuales mediante las herramientas diseñadas.
2. Herramientas modulares y de comprobada eficiencia.
3. Debe ser un sistema abierto al desarrollo de nuevas herramientas y al mejoramiento de las actuales.
4. Debe ser compatible y tener conexión real ó potencial con el resto de los sistemas.

Hasta el momento se han desarrollado de modo paralelo y por parte de diferentes entidades y bajo la supervisión de un Administrador de Red, algunos de estos sistemas algorítmicos soportados en una ó varias aplicaciones computacionales (para cada uno) [2,16]. En lo que sigue de este trabajo nos referiremos solo al Sistema para el Pronóstico, Control de la Minería y Planificación de la Minería (SPCPM).

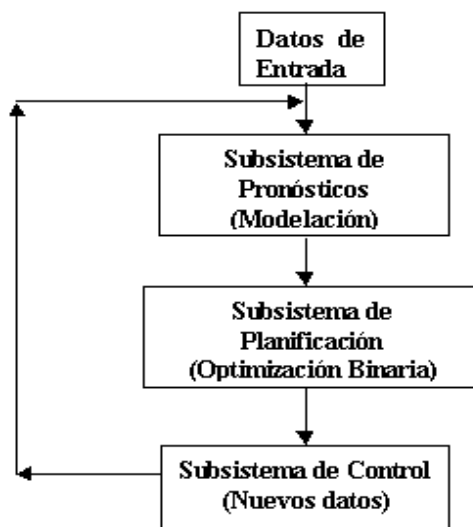
Para el desarrollo del SPCPM (con el algoritmo y software correspondiente) se diseñó un Proyecto al que se llamó TIERRA, es por ello que en lo adelante cuando nos refiramos al algoritmo del sistema lo haremos con **AT** y cuando nos refiramos al software del sistema lo haremos con **ST**.

Para la elaboración del AT se recogió la experiencia práctica acumulada durante años de explotación de yacimientos lateríticos en Cuba, se analizaron las ideas manejadas en nuestro país y el extranjero con respecto a la explotación de las lateritas que han sido publicadas y aún aquellas que fueron expuestas oralmente a los autores, se crearon nuevos algoritmos y criterios donde fue necesario y se defendió en una tesis doctoral [17]. Además se consideró la experiencia mostrada en otros softwares [5,6,12,15,25].

En esta etapa se partió del hecho de que el enfoque actual debía ser compatible con el enfoque futuro (automatización) y es por ello que se atacó la situación como un Problema de Control de Proceso. En este sentido fue necesario definir un lazo de control y los métodos que proporcionaría la optimización en el sentido deseado; estos últimos fueron:

1. La vinculación del modelo geoquímico al grado de madurez de la corteza de intemperismo y el uso del Kriging (mejor estimador lineal insesgado) para realizar las estimaciones puntuales y de bloque.
2. Consideración de variantes de reservas eficientes el punto de vista económico, válidas para disminuir los gastos y aumentar las ganancias.
3. Método de Optimización Binaria en la solución del problema de la planificación operativa.
4. Aprovechamiento de toda la información disponible en cada momento.

El lazo de control quedo planteado de la siguiente manera:



El subsistema de Pronóstico tiene como objetivo modelar geométricamente cada uno de los bloques que forman cada yacimiento, modelar las masas volumétricas en el yacimiento y modelar geoquímicamente cada bloque para la concentración de Ni, Fe y Co. Todas las modelaciones se realizan con técnicas de Splines [17], Geoestadística Lineal [4,17] y algunos métodos especiales creados con este fin [17]. A partir de los resultados anteriores se calculan los recursos. Se ha enfatizado en el manejo amigable de la información y en el acceso a la misma mediante tablas y gráficos adecuados.

El subsistema de Planificación permite definir las reservas usando un adecuado nivel de automatización que incluye el uso de técnicas elementales de valoración económica. Se incluyen herramientas para la planificación anual, mensual, de períodos de cinco días y diarios en las que se incluyen opciones que dan un adecuado dinamismo a estas actividades.

El subsistema de Control tiene como centro el chequeo permanente de la topografía del terreno a partir de un adecuado modelo digital del terreno y de las fronteras horizontales de las capas tecnológicas. Se controlan los recursos, las reservas, el material extraído y el destino del mismo a partir de cálculos de alta precisión realizados en períodos de tiempo aceptables. Las herramientas gráficas incluidas facilitan la obtención de planchetas, perfiles, planos y vistas tridimensionales de los bloques.

#### Ahora bien, ¿Por qué el Algoritmo TIERRA tiene una concepción de Sistema?

Porque se basa en un conjunto de principios, reglas y métodos para el desarrollo de la minería en los yacimientos lateríticos ferroniquelíferos cubanos el cual está formado por los subsistemas de pronóstico, de planificación y de control de la actividad de minado los cuales están interrelacionados entre sí desde el punto de vista estático y dinámico, lo que facilita la automatización de todas las actividades y además este sistema es una metodología puesto que permite el seguimiento de la extracción del mineral en toda la explotación del yacimiento y la toma de las decisiones necesarias (basándose en criterios científicos modernos) para disminuir los parámetros que influyen negativamente en el proceso: pérdidas, empobrecimiento, no cumplimiento del volumen y de la calidad del mineral enviado por unidad de tiempo al proceso metalúrgico, uso inadecuado del equipamiento de extracción, las afectaciones al medio ambiente y la baja rentabilidad económica.



#### **IV. Desarrollo de los softwares necesarios.**

De las concepciones del AT y usando la programación visual y orientada a objeto surgió el diseño de los programas que constituyen el ST. Los detalles sobre el mismo pueden verse en el Manual de Usuario [26] pero explicaremos brevemente su concepción.

##### **¿Qué es Tierra?**

Es una aplicación (en continuo desarrollo) formada por un conjunto de archivos ejecutables, de extensión de los ejecutables, de configuración, de seguridad, fuentes y de ayuda que permiten el manejo de las bases de datos de hasta 10 yacimientos lateríticos para el pronóstico, planificación y control de la minería en una empresa minera.

##### **¿Cómo se desarrolló Tierra?**

La metodología que se plantea fue desarrollada por los autores desde 1996 (con la indispensable colaboración de otros profesionales) y su esencia científica fue defendida exitosamente en Septiembre de 1999 mediante una tesis doctoral [17]. Esta metodología permanece siempre en desarrollo puesto que la misma responde al proceso de perfeccionamiento de las empresas que la usan.

El diseño del software se realizó atendiendo a los requerimientos, explícitos e implícitos, planteados por los usuarios pero siempre teniendo en cuenta la incorporación de herramientas matemáticas, técnicas y computacionales modernas.

La programación se desarrolló en Delphi 2.0 Developer (C) de Borland International, Inc.

##### **¿Cómo se instala Tierra?**

Los requerimientos para el uso de la versión 1.5 del año 2000, son:

- ♦ Velocidad: No menos de 450 MHz. Recomendado 600 MHz.
- ♦ RAM: No menos de 64 Mb. Recomendado 128 Mb.
- ♦ Disco Duro: No menos de 400 Mb por cada yacimiento (depende del tamaño del yacimiento).
- ♦ Monitor: Al menos Super VGA con 256 colores. Recomendado 65536 colores.
- ♦ Plataforma: Window95, 98, 2000 y NT. Recomendado Windows NT.

El sistema de instalación está compuesto por 10 discos de 1.44 Mb (se incluyen una base de datos demostrativa). Se entregan los programas fuentes del ST y el Manual de Usuario (186 p).

El ST no fue diseñado originalmente para trabajar en redes pero con pequeñas mejoras se está explotando bajo una Red Novell (con 12 *work's stations*) con resultados que consideramos aceptables. Es evidente la necesidad de lograr mayores y más actuales niveles de integración del ST al trabajo con redes Novell y WindowNT cuestión que se analiza para futuras versiones.

El programa instalador se desarrolló en InstallShield Delphi Edition de Stirling Technologies (C) y se plantean las opciones Típica, Compactada y Personalizada.

Debe enfatizarse en que usar el ST no solo significa instalarlo, es imprescindible que la información necesaria esté libre de errores y se escriba en el momento adecuado. Además, debe comprenderse que el ST es solo un conjunto de herramientas y que los resultados de su explotación dependen de la inteligencia y disciplina de quienes lo usen.

En resumen, como hemos explicado, el ST sintetiza y automatiza la metodología descrita para el pronóstico, planificación y control de la minería en yacimientos lateríticos y hoy se aplica en la Subdirección de Minas de la Empresa Comandante Ernesto Guevara de la Serna.

## V. Implantación del sistema desarrollado.

No es exagerado decir que esta es una etapa compleja y la más tensa de todas. Esto se debe a:

- ♦ El desigual nivel de formación técnico de los trabajadores de la mina.
- ♦ Gran rapidez en la introducción de nuevas tecnologías para manejar la información.
- ♦ La normal resistencia al cambio que se ha presentado en algunos compañeros.
- ♦ La complejidad de la organización del tránsito de los sistemas manuales y semiautomatizados a los sistemas automatizados.

Conocidos estos elementos esta tarea se diseñó meticulosamente, conscientes de que esta era la batalla más fuerte de nuestra *guerra contra el subdesarrollo* y para ello la administración de la mina tomó en el año 2000 las medidas necesarias para que:

1. Los trabajadores seleccionados pasaron dos cursos de superación impartidos por profesores universitarios (uno de ellos teórico y el otro práctico de entrenamiento con el ST) para un total de 416 horas.
2. Se definieron los plazos en que cada tarea pasaría a ser realizada con el ST y esto siempre se realiza en tres etapas: prueba experimental, trabajos paralelos entre el sistema viejo y el sistema nuevo y por último implantación absoluta del sistema nuevo.

Esta fase de implementación, además de lograr su propósito, ha provocado un importante proceso de retroalimentación para los autores lo cual ha facilitado el mantenimiento de ST y ha inspirado muchas de las ideas que ya se tienen para futuras versiones; debe señalarse entonces que en la actualidad, este trabajo se desarrolla establemente y los resultados obtenidos satisfacen a todos aunque ya se trabaja en la versión 2.0 con nuevos elementos que antes no se estudiaban.

## CONCLUSIONES

La conclusión más importante de este trabajo es haber demostrado que los técnicos y profesionales cubanos, trabajando mancomunadamente, puede asumir con éxito una de las tareas más complejas que se presentan en la minería a cielo abierto y que son protagonizadas en el mundo (ó tal vez debiera decirse monopolizadas) por una pocas compañías cuyos productos son bien conocidos: GEMCOM [15], DATAMINE [5], SURPAC [25], VULCAN[19], WITTLE[13], SURFER[24], ER MAPPER[12], etc.

Este trabajo ha sido realizado en una de las tres empresas que extraen y procesan el mineral laterítico pero sin dudas puede generalizarse (ó integrarse con trabajos similares) en cualquiera de ellas con las adaptaciones correspondientes, referidas principalmente al tipo de red usada en el muestreo y a algunas características particulares en el sistema de control y planificación.

Dos elementos importantes se han considerado para el desarrollo futuro de este trabajo:

1. La incorporación de nuevos elementos (que nunca se han considerado) a la modelación.
2. La incorporación de nuevas y más potentes técnicas de optimización.



3. La homogeneización de los sistemas de explotación de las tres empresas como contribución a la posible creación de una sola empresa minera que dé servicios todas las plantas metalúrgicas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. – (1996) “Herramientas para la optimización de minas”. (Reportaje Especial), Revista Minería Panamericana, Edición Continental, Méjico.
2. Aguilera, R. y J. Carcasés (1998): “Automatización del Cálculo de Volumen de Escombro Removido y Mineral Extraído”. Trabajo presentado al XII Forum de Ciencia y Técnica de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.
3. Belete, O., A. Legrá y M. Lores: (1991): “Automatización del Cálculo de Volúmenes de Minerales Útiles”. II Simposio Internacional de Minería y Geología, CIPIMM, Ciudad Habana.
4. Chica Olmo, M. (1988): “Análisis Geoestadístico en el estudio de la explotación de los Recursos Minerales”, Universidad de Granada, España.
5. Datamine Studio: Mineral Industrie Computing LTD (1999). Software.
6. Earth Works Exploration Office, Version 2.0: Earth Works Corporation (1999). Software.
7. Empresa de Geología Santiago (1985): “Sistema automatizado para el cálculo de reservas en yacimientos niquelíferos. Manual de explotación del Sistema Níquel”. Santiago de Cuba.
8. Empresa de Geología Santiago (1985): “Sistema automatizado para el cálculo de reservas en yacimientos niquelíferos. Manual de usuarios del Sistema Níquel”. Santiago de Cuba.
9. Empresa Geominera de Oriente. Servicios de Informática (1997): “Análisis de Sistema Informativo de la Mina Comandante Ernesto Che Guevara”. Santiago de Cuba.
10. Empresa Geominera de Oriente. Servicios de Informática (1999): “Análisis Informático del Componente Geología de la Mina Ernesto Guevara”. Santiago de Cuba.
11. Empresa Geominera de Oriente. Servicios de Informática (1999): “Base de Datos Geológicos Mina Che Guevara. Estructura”. Santiago de Cuba.
12. ER Mapper Version 5.5 (1999): Earth Resource Mapping, USA. Software.
13. Four X – Proteus Environment (1999): Wittle Programming Pty LTD, Australia.
14. Hillman, Barry (1998): “Bringing the mine to the office”. Mining Magazine, April, London.
15. Gencom for Windows User Manual Version 98.01 (1998): Gencom Software International Inc. Software.
16. GeoSurf (1998): Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, Moa, Holguín. Software.
17. Legrá A. (1999): “Metodología para el Pronóstico, Planificación y Control Integral de la Minería en Yacimientos Lateríticos”. Tesis Doctoral, Ciudad de la Habana.
18. Lepin, O. y J. Ariosa (1990): “Búsqueda, Exploración y Evaluación Geólogo - Económica de Yacimientos de Minerales Sólidos” 2 t. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
19. Malecon Minerals and Metals (1997): “Results of the Geological Due Diligence Study carried out over the Las Camariocas Nickel Laterite Deposit at Moa, Eastern Cuba”. Moa.



20. Polanco R. (1996): "Dirección de los Flujos de Mineral en los Yacimientos Lateríticos". Tesis Doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín.
21. Programa Explorador de Pinares. Manual de Usuarios, Versión 1.0 (1999): ISMM, Moa, Holguín. Software.
22. Rodríguez H. (1990): "Premisas geológicas para la automatización integral de los trabajos de prospección en yacimientos niquelíferos de intemperismo". Tesis Doctoral, Santiago de Cuba.
23. Sistema Integral Minero (2000): Empresa Pedro Sotto Alba MoaNickel S.A., Moa, Holguín. Software.
24. SURFER, Surface Mapping System, Version 7.0 (1999): Golden Software, Inc. USA. Software.
25. SURPAC VISION Version 4.0 H (2000): Surpac Software International. Australia. Software.
26. TIERRA Versión 1.5 Manual de Usuario (2000): ISMM, Moa, Holguín.
27. Vergara R. (1998): "Softwares se abren camino en sector minero". Latinominería, N° 29, Marzo, Santiago de Chile.



## GARANTIA DE LA CALIDAD EN EL LABORATORIO

Dra. Ana María Cónsul Odio, Ing. Yamilé Elías Mateos

EMPRESA GEOMINERA DE ORIENTE. LABORATORIO DE MINERALES “ELIO TRINCADO FIGUEREDO”  
Carretera Central # 426 entre 7 y 8 Reparto Fomento CP.90400  
Tel: 26762. Fax: 87130. [geolab@stg.minbas.cu](mailto:geolab@stg.minbas.cu)

### RESUMEN:

El laboratorio de Minerales “Elio Trincado Figueredo” trabaja basado en un Sistema de Calidad documentado según NC ISO/NEC 25 donde queda establecido el denominado FLUJO DE CALIDAD en las diferentes áreas productivas, preparación de muestras y laboratorio analítico.

En este flujo de calidad se identifican los puntos de control de la calidad que corresponden al cumplimiento de lo establecido en las instrucciones vigentes y aquellos controles internos que deben ser realizados por las áreas especializadas. En conjunto se cierra así el ciclo de calidad de cada actividad y por ende esto conduce a la GARANTIA DE LA CALIDAD de los servicios del laboratorio.

### ABSTRACT

The laboratory of minerals “Elio Trincado Figueredo” works based on a documented System of Quality according to NC ISO/NEC 25 where it is established the denominated FLOW OF QUALITY for the different productive areas: Sample preparation and Analytical Laboratory.

In this “flow of quality” the points of control are identified corresponding to the execution of the established quality control instructions and those internal controls that should be carried out by the specialized areas. Working following these rules the quality cycle of each activity is closed and the QUALITY GUARANTEE of the laboratory services are insured.

### INTRODUCCION

El Laboratorio de Minerales de la Empresa Geominera de Oriente tiene establecido un sistema de aseguramiento de la calidad documentado y las áreas productivas: preparación de muestras y el laboratorio analítico, en sus respectivos diagramas de flujo señalan los puntos de control que garantizan la calidad del trabajo realizado. El área que se encarga de la verificación de la calidad de los resultados obtenidos, control de la calidad, constituye una parte esencial de estos diagramas y tiene a su cargo el celoso cumplimiento de las instrucciones de control vigentes.

La tarea de garantizar la calidad de un proceso analítico integral requiere de un trabajo conjunto entre las áreas especializadas y la de control propiamente dicha. Solamente de esta comunión de intereses puede conseguirse el objetivo de que los resultados emitidos cumplan con los requerimientos de las investigaciones geológicas y satisfagan las necesidades de nuestros clientes.



## DESARROLLO

En el Diagrama de Flujo existente en las áreas productivas se muestra el grafico de control analítico donde se encuentran señalados los puntos de control propios de la actividad de verificación del Control de la Calidad en forma ALFABETICA y los puntos de control propios del trabajo de cada área particular en forma NUMÉRICA. Ver Anexo A.

### Objetivos a controlar en los puntos señalados.

#### *Preparación de muestras*

Es en el área de preparación de muestras que da comienzo el proceso analítico al recibirse la remisión enviada por el cliente que acompaña las muestras a analizar. Del adecuado funcionamiento de esta actividad depende el éxito del resultado emitido y por ende la satisfacción del cliente.

El área está dirigida por un Especialista Principal y cuenta con 12 trabajadores, dos de ellos técnicos superiores, dos técnicos medios y 8 obreros calificados. El trabajo está organizado en base a procedimientos e instrucciones técnicas que cubren todo el espectro de trabajo a realizar.

El control de la calidad de verificación se realiza por un Controlador C de la Calidad, Ingeniera en Beneficio de Minerales y que responde al Especialista Principal del área de Control de Calidad. A continuación se resumen las operaciones a realizar por el controlador y aquellas que corresponden al cumplimiento de los requerimientos técnicos de la actividad de preparación de muestras

<b>Instrucciones</b>	<b>Área de Preparación de Muestras</b>
A. Supervisión esquema de muestreo a emplear	1. Selección del esquema de muestreo
B. Ajuste del molino de mandíbula	2. Control de identificación de las muestras recibidas
C. Control de la operación de cuarteo	3. Verificación de la temperatura de Secado
D. Ajuste del molino a 1 mm	4. Control imposición numero de Laboratorio
E. Control de la operación de cuarteo	5. Control No. Laboratorio con No. de muestra en la remisión
F. Control ajuste del molino pulverizador	6. Control No. Clave con No. Laboratorio y No. muestra recibida
G. Control granulometría final.	7. Control del archivo de muestras
I. Control de la entrada procesada.	

#### *Laboratorio Analítico*

La verificación de la calidad del proceso de análisis de las muestras se realiza siguiendo las instrucciones vigentes y es ejecutada por el Especialista Principal de Control de Calidad y 2



técnicos superiores con el cargo de Controlador B de la Calidad. El proceso a realizar se encuentra automatizado al 75% quedando solamente en forma manual la evaluación de la calidad y la verificación sistemática del proceso desde la conformación de los grupos cifrados que recibirá el analista hasta el reporte de los resultados al cliente.

En el Laboratorio Analítico se trabaja en base a los grupos entregados por el Control de la Calidad y la calidad, tanto general como individual, es evaluada por el área de Control de la Calidad. Internamente debe garantizarse el estricto cumplimiento de las Instrucciones Técnicas establecidas y verificarse todos aquellos aspectos determinantes para la obtención de resultados que cumplan con los requisitos de precisión y exactitud establecidos.

### **Instrucciones**

- A. Montaje de los grupos a analizar.
- B. Calificación de los grupos de Muestras recibidos por elemento.
- C. Calificación de las repeticiones.

### **Área de Control de la Calidad**

- 1. Control de cantidad de muestras enumeradas.
- 2. Control de No. de Clave, de Laboratorio y muestras de referencia durante la preparación de los grupos.
- 3. Evaluación de los resultados de la suma.
- 4. Revisión del Certificado de Resultados

### **Área de Laboratorio Analítico**

- 1. Comprobación de orden según montaje.
- 2. Control de la orden de trabajo con las muestras recibidas.
- 3. Control de la calidad del agua para análisis
- 4. Control de la calidad de los reactivos.
- 5. Estandarización de soluciones.
- 6. Control con empleo de MPR y MR

## **CONCLUSIONES**

La Garantía de la Calidad del Laboratorio depende del cumplimiento de lo establecido en las Instrucciones de Control de Calidad vigentes y el desarrollo del control técnico especializado en las áreas.

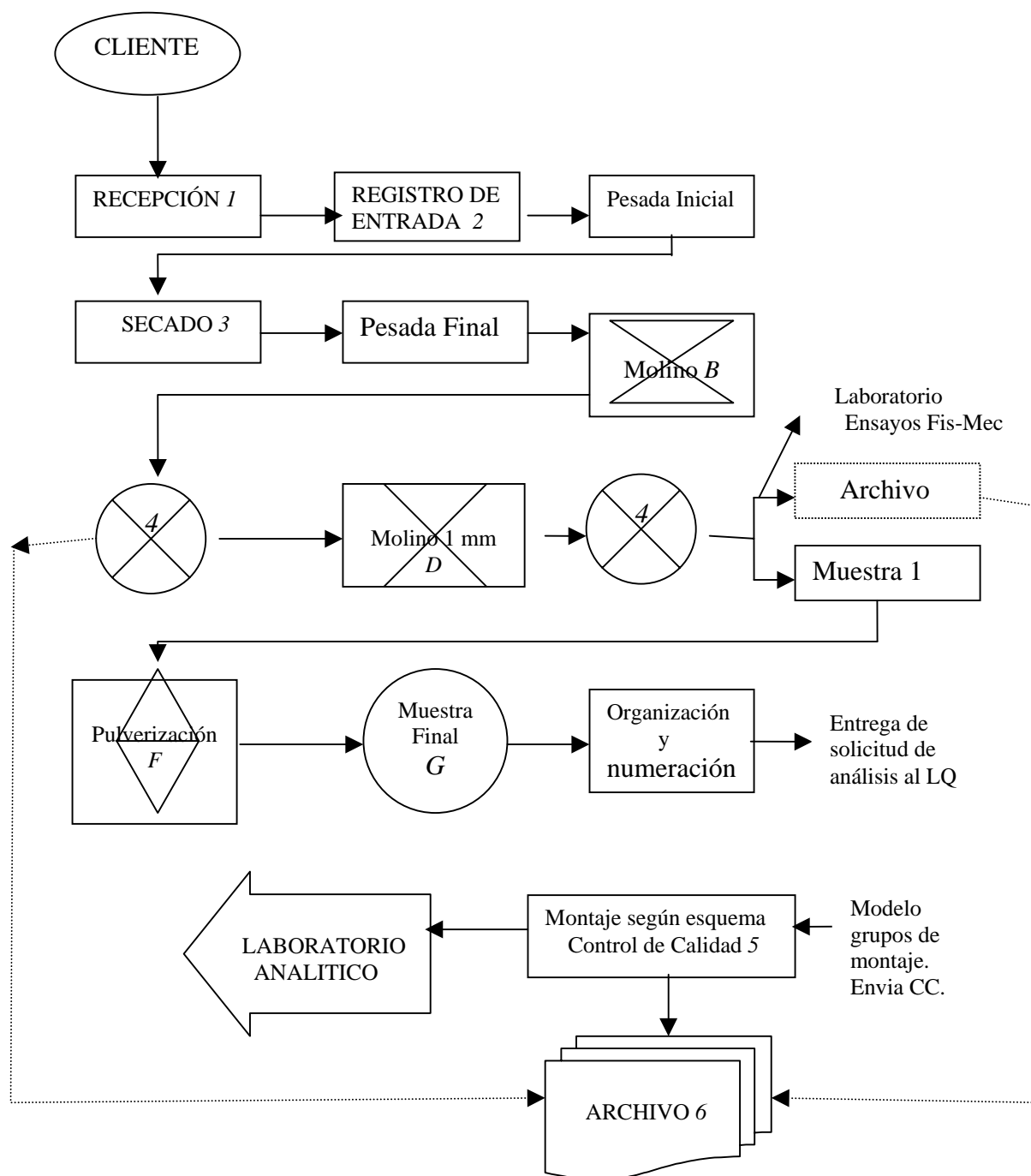
## **Referencias**

- Laboratorio de Minerales EGMO (1999): Capítulo 04: Aseguramiento de la Calidad. Sección 10 Calidad del Proceso. Santiago de Cuba.
- ISCL 101:00 (2000): Control interno de la calidad de la preparación de muestras. Laboratorio de Minerales EGMO. Santiago de Cuba.
- ISCL 103:00 (2000): Control interno de la reproducibilidad de los resultados de los análisis. Laboratorio de Minerales EGMO. Santiago de Cuba.

-NC ISO/NEC 25 (1990) : Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y ensayo.

## ANEXO A

### GRAFICO DE CONTROL ANALÍTICO DEL LABORATORIO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS



## DEMOLICION DEL ANTIGUO EDIFICIO DEL CECE, SITO EN PLAZA DE LA REVOLUCION. VARIANTE CON VOLADURA

**Omar Castro González \* ; Carlos Nodal Ariosa\*\* ; Ana Rafael Gemeil\*\*\***

\* *Ing. de Minas. Especialista en voladuras. ONRM. Minbas. Salvador Allende No. 666 e/ Oquendo y Soledad. Centro Habana. Ciudad de la Habana E-mail omar@onrm.minbas.cu*

\*\* *Especialista de voladura EMT 1. Micons*

\*\*\* *Ing. Geofísica. Especialista en control sísmico de voladuras. ENIA.Micons*

### RESUMEN

La utilización de explosivos en las demoliciones de estructuras civiles constituye un sistema económico y a veces complementario de los métodos convencionales de demolición llevados a cabo de forma manual o con medios mecánicos.

La demolición del edificios del CECE mediante voladuras controladas consistió en la colocación de pequeña carga en puntos estratégicos de las estructuras para provocar su desequilibrio y fragmentación durante la caída que se realiza en una dirección prefijada.

**En este tipo de demolición se han tenido en cuenta los siguientes principios:**

- La rotura de los elementos constructivos mediante la eliminación de uniones y seccionado de parte rígida para que una vez logrado esto, poder con el corte en cuña desequilibrar la estructura y su propio peso realice la mayor parte del trabajo: la caída en la dirección deseada (con esto logramos que no existan elementos especiales cuya presencia puede impedirnos los movimientos deseados).
- Perforación de los elementos (columnas y vigas), dándole a las perforaciones la profundidad calculada, así como la altura para poder lograr el corte en cuña (los elementos estructurales deben cumplir su cometido: tirar, empujar y girar).
- División y reparto de las cargas para conseguir una rotura completa manteniendo un control máximo sobre las proyecciones, ondas aéreas y vibraciones generadas.
- Elección y aplicación adecuada de la secuencia de encendido para lograr la caída de la estructura en la dirección deseada.

### ABSTRACT

The use of explosive in the demolitions of structures civilians constitutes an economic and sometimes complementary system of the conventional methods of demolition carried out in a manual way or with mechanical means.



The demolition of the buildings of the CECE by means of controlled blasting consisted on the placement of small charge in strategic points of the structures to cause its imbalance and fragmentation during the fall that is carried out in a preset direction.

In this demolition type they have been kept in mind the following principles:

- The break of the constructive elements by means of the elimination of unions and cut of rigid so that once achieved part this, to be able to with the cut in wedge to unbalance the structure and their own weight carries out most of the work: the fall in the wanted direction (with this we achieve that special elements don't exist whose presence can impede us the wanted movements).
- Perforation of the elements (columns and beams), giving to the perforations the calculated depth, as well as the height to be able to achieve the cut in wedge (the structural elements should complete their made: to throw, to push and to rotate).
- Division and distribution of the charge to get a complete break maintaining a maximum control on the projections, air waves and generated vibrations.
- Election and appropriate application of the ignition sequence to achieve the fall of the structure in the wanted direction

El edificio a demoler, es una construcción reticulada, de hormigón armado fundida "In situ" compuesta por columnas de 0.80 x 0.80 m. con refuerzo principal de acero de 1 ½" y vigas de 1.03 x 0.40 x 12.00 m. de longitud y consta de dos sótanos y tres niveles.

La fachada del edificio con vigas de hormigón armado fundida "In Situ" y vigas prefabricadas de hormigón armado. Tiene una solución de cubierta y de entrepiso con losa spirall de 0.30 x 1.20 x 12.00 m., los pisos de losas de granito de 0.50 x 0.50 m. consta de dos cajas de escaleras de servicios, tres cajas de elevadores y una escalera móvil de estructura metálica, los muros divisorios son de bloques de 0.10, 0.15 y 0.20 m. rellenos de mortero, también existen muros de siporex y ladrillos. En el sótano dos y sótano baja existe un muro de contención de hormigón armado de 0.30 x 8.40 x 54.00 m .

En el interior del edificio en estos momentos existen escombros, conductos de climatización, tuberías de hierro fundido, tuberías hidráulicas, ventiladores axiales, difusores y otros materiales.

En el sótano dos actualmente se encuentra cubierto totalmente por agua a una altura aproximada de 2.50 m., existiendo dentro de él pizarras eléctricas, compresores, bombas de agua equipos de cocina, tuberías de hierro fundido, tuberías hidráulicas, conductos de climatización, ventiladores axiales, dos cámaras de frío, escombros y otros materiales.

## **V – PROCESO DE EJECUCION:**

Orden de prioridad de los trabajos.



La demolición del edificio se proyecta ejecutar en tres voladuras principales, con la siguiente secuencia de trabajo una vez creadas las condiciones necesarias.

- Desbroce de las áreas adyacentes.
- Cercado de la obra.
- Achique de agua.\*
- Limpieza de la obra.\*
- Colocación de andamios y apuntalamiento de zonas con peligro de derrumbe.\*
- Desmonte de la escalera eléctrica y otros equipos.
- Perforación de las vigas para los cortes previos.\*
- Voladuras de las vigas para los cortes previos.\*
- Corte con oxicorte del acero de las vigas.\*
- Corte con martillo rompedor de las losas spiroll.
- Corte con oxicorte del acero de las losas spiroll.
- Perforación de vigas y columnas para la primera voladura principal.\*
- Descubrir el acero del hormigón de las columnas y cortar.\*
- Carga de los barrenos.\*
- Colocación de los medios de protección contra las proyecciones.\*
- Medidas de seguridad a tomar a la zona de voladura.\*
- **EJECUCION DE LAS VOLADURAS.\***
- Mitigar el polvo con los bomberos.\*
- Revisión de las voladuras.\*
- Demolición de los elementos con voladuras secundarias.\*
- cortar con oxicorte.\*
- Recogida de escombros y elementos estructurales.\*

**Los puntos que aparecen con asterisco se repiten para la segunda y tercera voladura.**

## **VI – TECNOLOGIA A UTILIZAR PARA LA PERFORACION.**

Para realizar esta voladura, la barrenación se efectuará con el Martillo Barrenador con diámetro de 42 mm. En el momento de la perforación se debe de respetar los siguientes datos:

- ♦ **Distancia entre barrenos.**
- ♦ **Distancia entre hileras.**
- ♦ **Profundidad de los barrenos.**

Sí al barrenar se encontrara el acero, la reubicación del barreno debe acercar al anterior, (no alejarse) y posteriormente se debe seguir manteniendo la distancia entre barreno.

El éxito de las voladuras depende en gran medida de la calidad con que se realice la perforación.

## **VII - CARACTERISTICAS DE LAS VOLADURAS A EJECUTAR.**



Serán voladuras controladas (control de la onda aérea y las proyecciones) debido a la situación que ocupa la obra, dentro de un entorno sensible( zona urbana).

**Para cumplir con estas exigencias, en el primer caso, la utilización de pequeñas cargas y su disparo secuenciado. Las proyecciones se combatirán mediante el empleo de protecciones flexibles y pantalla de protección colocadas en los lugares de los focos de las voladuras(ver esquemas de protección)**

### **MATERIALES EXPLOSIVOS A UTILIZAR PARA LAS VOLADURAS.**

**BOOSTER DE PENTOLITA y TNT.** de 50 g. y 32 mm. de diámetro.

Detonador no eléctrico de ocho escalas longitud del tubo de 2.40 m.

Cordón detonante de 3 g / m.

Cápsula # 8.

Mecha lenta.

Detonador no eléctrico instantáneo longitud del tubo de 150.00 m.

Dispositivo disparador.

### **CARGA DE LOS BARRENOS.**

Los artilleros realizaran la carga colocando en cada barreno el explosivo calculado, el detonador y el atraque.

- **Voladura de prueba.**

En la columna que se encuentra detrás de la escalera eléctrica, se realizará una voladura de prueba para ajustar las cargas de los barrenos de las columnas. De ser necesario, la misma se ejecutará durante la voladura previa en el sótano bajo.

### **VIII – SECUENCIA DE ENCENDIDO.**

La ignición de las cargas colocadas será con detonadores no eléctricos utilizando ocho escalas (ver esquemas de encendidos).

### **IX - MEDIDAS DE SEGURIDAD.**

**Las medidas de seguridad que se deben observar durante la ejecución de los trabajos son:**

#### **GENERALES.**

- Crear comisión para realizar inventario del estado de las edificaciones aledañas conjuntamente con el inversionista.
- Establecer disciplina estricta entre todos los trabajadores en el uso de todas las medidas de protección humana, listar las mismas por actividad.
- No permitir la entrada a la obra de personal ajeno a la misma. Se controlara con CVP en puntos de entrada.
- Todo el personal que este en la obra debe usar los medios de protección y seguridad del trabajo.
- Los limites de la obra que linda con la vía publica se encuentran cercados.



- Se colocaran carteles señalando zona de peligro por trabajos con explosivos.
- El inicio de las voladuras serán anunciado por medio de una señal sonora
  - Primer sonido, se anuncia el listo para la ejecución de la voladura.
  - Segundo sonido, 30 segundos después se anuncia ejecución de la voladura.
  - Tercer sonido, se anuncia la culminación de la voladura.
- Se tomaran todas las medidas necesarias para la ejecución de los trabajos preparatorios.
- Apuntalar todas las zonas que sean necesarias ante de inicial cualquier actividad.

### **TRABAJO CON EXPLOSIVOS.**

**Para que los trabajos de Perforación y Voladuras se realicen en condiciones de seguridad, es preciso que en tales operaciones se observe los siguientes aspectos:**

- Cumplimiento de las normas vigentes para el MININT.
- Formación técnica de los operadores y artilleros concursos periódicos adecuados.
- Utilización de explosivos, accesorios y sistema de iniciación en condiciones de seguridad.
- Toda las indicaciones, orientaciones o sugerencias se harán a través del jefe de grupo de los artilleros.

Los técnicos responsables deben arbitrar las medidas oportunas para cubrir esas cuatro facetas y de esta forma ejecutar los trabajos sin riesgos de accidentes.

#### **Perforación.**

Antes de iniciar los trabajos de perforación deben comprobarse los siguientes puntos:

- Que estén apuntaladas las áreas que lo requieran.
- Colocados los andamios para facilitar la seguridad de los hombres en la ejecución de la perforación y otros trabajos.
- Que los obreros usen los medios de seguridad personal adecuados como: cascos, guantes, orejeras, careta antipolvo y cinturón de seguridad, etc.
- Verificar el apriete de la rosca y los elementos de unión entre compresor y el martillo barrenador.
- Comprobación del estado de limpieza, combustible y engrase del compresor y el martillo.
- No se deben cargar los barrenos cuando se estén ejecutando las perforaciones.
- Otras medidas que sean necesarias tomar.

#### **Transportación de Explosivos y Medios.**

Los explosivos y medios se encuentran almacenados en el polvorín del Estado Mayor Municipal de Boyeros, en coordinación establecida con el jefe del Estado Mayor y el jefe de la sección de Ingeniería.

- Acatar rigurosamente las disposiciones establecidas por los reglamentos vigentes.
  - Los permisos para el traslado de explosivos hay que solicitarlos con 72 horas de antelación para su aprobación por el MININT, en los mismos aparecen: nombre de los custodios, nombre de los choferes, nombre del artillero, tipo de vehículo y chapa, la vía a utilizar en el recorrido, cantidad de explosivos, medios explosivos y tipo de voladuras.
  - Los productos serán trasladados desde el Estado Mayor Municipal de Boyeros hasta la obra por la vía que sea autorizada por el MININT.
  - Los vehículos destinados a transportar los explosivos y medios deben llevar extintores, bandera roja, señales refractarias, cadenas, y un custodio armado en cada uno, son acompañados por un transporte ligero con planta y son inspeccionados y autorizados por el MININT.
  - Mantener apagado el motor del vehículo mediante la operación de carga y descarga de los explosivos.
  - No transportar conjuntamente con explosivos materiales metálicos, combustibles o corrosivos.
  - No permitir fumar en el vehículo que transporta los explosivos, ni presencia en él de personas no autorizadas.
  - No transportar los accesorios de voladura conjuntamente con los explosivos. El cordón detonante se considera dentro de los explosivos.
  - Transportar los explosivos en sus envases y embalajes de origen.
  - Nombrar una persona responsable del movimiento y expedición de los explosivos y accesorios (artillero jefe de grupo).
  - Distribuir el explosivo a utilizar en la voladura y evitar la creación de pilas con grandes cantidades.
- Medidas en el área de la voladura.
- No utilizar atacadores metálicos de ninguna clase.
  - Realizar la conexión del circuito lo más rápidamente posible y de una vez teniendo con antelación todos los útiles necesarios.
  - Realizar la comprobación del circuito para asegurarnos que todos los detonadores estén conectados al mismo.
- Medidas antes y después de las voladuras.

- El aviso a todas las dependencias aledañas a la obra de la ejecución de los trabajos con explosivos se hará por escrito en 48 horas antes de la voladura.
- El cierre del tráfico y de peatones antes de la ejecución de cada voladura ( fuerza de la PNR).
- Aviso a la población de las zonas de los trabajos a realizar con el uso de explosivos, a través del Delegado del Poder Popular de la Zona.
- El área circundante a la voladura debe ser evacuada e inspeccionada antes de las voladuras.
- Señalización para que en las zonas donde se trabajen con explosivos, no puedan permanecer personal que no esté autorizado.
- Utilización de explosivos, accesorios y sistema de iniciación en condiciones de seguridad.
- Preparar las cargas de acuerdo con los métodos recomendados por los fabricantes de explosivos y comprobar que el detonador está bien colocado dentro del cartucho.
- Chequear que todas las perforaciones tengan la profundidad proyectada.
- Colocar a cada perforación la cantidad de explosivo que lleve, así como ejecutar un buen atraque según proyecto.
- No colocar cargas en las perforaciones justo después de terminadas sin antes cerciorarse de que está limpio y no contiene estritos de metal o restos de accesorios calientes.
- Realizar el retacado sin violencia para no dañar a los accesorios de iniciación.
- No utilizar atacadores metálicos de ninguna clase, emplear atacadores de madera u otro materiales adecuados.
- No dejar explosivos sobrantes dentro de la zona de trabajo, durante y después de la carga de los barrenos.
- Manipular los detonadores, cordón detonante, explosivos y mechas con cuidados.
- Después de cargada la voladura se procede a colocar las mallas, así como los sacos terreros o la cobertura que se utilice.
- Divulgar a todos los trabajadores, técnicos y dirigentes relacionados con la obra mediante matutinos, escritos u otros, de todas las medidas de seguridad mencionadas, así como recoger firmas de conocimiento de las mismas.
- Cerciorarse de que todas las medidas que se deben tomar se cumplan.
- No disparar sin una señal de autorización de la persona encargada y sin haber dado el aviso adecuado.
- Disparar de un lugar seguro.
- Para evitar la propagación del polvo en las zonas circundantes a la voladura, las fuerzas de la DGPEI rociarán con agua la nube de polvo formada, debiendo ejecutarse esta tarea inmediatamente después del desplome de las estructuras.
- No regresar al área de la voladura hasta que se hayan disipado los humos, polvos y gases.



- No investigar un eventual fallo de la voladura demasiado pronto. Cumplir los reglamentos y disposiciones establecidas para este fin, o en su efecto, esperar un tiempo prudencial.
- Se tomarán todas las medidas de seguridad que sean necesarias para la ejecución de los trabajos teniendo en cuenta la zona donde se encuentra el edificio, dentro de un entorno sensible.
- Medidas al deshacerse de los explosivos.  
De ser necesaria la destrucción de material explosivo, porque el mismo sobrara, se destruyen por combustión en un lugar seguro de la obra, la cantidad no debe excederse de los 15 kg . En caso contrario se realizará en varios emplazamientos.  
Los envases de todos los materiales serán destruidos por combustión en un lugar seguro de la obra después de concluida la voladura.

#### NOTA:

- Un día ante de la voladura principal, en el sótano se cortará el acero de las columnas por la cara opuesta de la barrenación.
- Para cada voladura principal se colocarán vigas en el segundo nivel en los ejes F y H entre los ejes de las voladuras principales, para que ayuden al derribo.(ver esquema.)
- Las líneas de cordón detonante se cubrirán con una capa de 30 centímetro de arcilla o arena para controlar la onda aérea.
- Los explosivos y medios que se utilizarán en las voladuras para los días según el cronograma se ubicarán en el sótano bajo al lado de la columna 6 del eje K.
- Para la protección de la proyecciones de las voladuras de corte y secundaria se colocarán mallas.

#### **RESULTADO DE LA EJECUCION DE LAS VOLADURAS DURANTE LOS MESES DE JUNIO SEPTIEMBRE DE 1999.**

La secuencia gráfica que ilustra el comienzo de esta ponencia testimonia la efectividad de los trabajos realizados. Los mismos se ejecutaron cumplimentando todos los cronograma y sin ningún accidente material y humano.

#### **TODAS LAS VOLADURAS SE EJECUTARON CON ÉXITO.**

Tenemos un vídeo completo de toda la secuencia de los trabajos, que esperamos editar y poder presentarlo en el CONGRESO.