

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

**Tesis presentada en opción al Título de Especialista en Explotación
de Yacimiento para Materiales de Construcción**



**Título: PERFECCIONAMIENTO DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN EN
FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS EN EL
YACIMIENTO “ARCILLA III A”.**

Autor: Ing. Ania Arelia Martínez Hernández.

**Tutores: Dr. C. Orlando Belete Fuentes
MS. C. Yoandro Diéguez García**

Moa 2012
Año 54 de la Revolución

Resumen:

En el presente trabajo se propone el perfeccionamiento del Sistema de Explotación del área concesionada a nuestra Empresa: Materiales de Construcción de Sancti Spíritus, del Yacimiento de Arcilla Zona III-A, para garantizar el suministro de las materias primas necesarias a los establecimientos productores de elementos cerámicos. Además, el estudio de impacto ambiental y las medidas correctoras para minimizar las afectaciones que provocarían la explotación del yacimiento.

En la investigación se presenta el perfeccionamiento del proyecto de explotación de la cantera Arcilla III A en función de las propiedades tecnológicas para suministrar con la calidad requerida el volumen de materia prima, las propiedades geólogo-mineras y tecnológicas de los recursos del Yacimiento Arcilla Zona III-A son adecuadas para nuestras producciones, fundamentalmente preparando mezclas de los diferentes tipos de materias primas y se lograron minimizar las afectaciones que provoca la explotación del yacimiento al medioambiente, con la aplicación de las medidas correctoras.

No	INDICE	Pág.
	Resumen	2
	Introducción	5
	CAPÍTULO 1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	7
1.1	Introducción	7
1.2	Estado de la temática en el mundo	9
1.3	Estado de la temática en Cuba	17
	CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN GEÓLOGO- MINERA, TECNOLÓGICA Y MEDIO- AMBIENTAL DEL YACIMIENTO	20
2.1	Determinación de las propiedades geólogo-mineras y tecnológicas	20
2.1.1	Propiedades geólogo-mineras.	20
2.1.1.1	Geología del yacimiento	20
2.1.1.2	Grado de complejidad del yacimiento.	21
2.1.1.3	Características mineralógicas cualitativas de los minerales útiles y de las rocas encajantes.	22
2.1.1.4	Características hidrológicas	22
2.1.1.5	Cálculo de reservas	24
2.1.2	Determinación de las propiedades tecnológicas.	25
2.1.2.1	Características y propiedades de las materias primas.	25
2.1.2.2	Criterios para definir la utilización de las materias primas.	27
2.1.2.3	Evaluación de las propiedades de los recursos no condicionados a la tecnología actual de procesamiento	30
2.1.2.3.1	Depósitos arenosos.	31
2.1.2.3.2	Arcillas con altos porcentajes de CaCO ₃ .	32
2.1.2.3.3	Arcillas Poco plásticas	34
2.2	Análisis e identificación de los impactos ambientales	35
2.2.1	Medidas para evitar o reducir los impactos ambientales durante la explotación del yacimiento.	35
2.2.1.1	Acciones del Proyecto susceptibles a producir impactos	36
2.2.1.2	Factores del medio susceptibles de recibir impactos.	36
2.2.1.3	Relación de las acciones impactantes con los componentes ambientales en riesgo.	37
2.2.1.4	Determinación de los impactos ambientales.	38
2.2.1.4.1	Relación de los impactos	38
2.2.1.4.2	Evaluación de los impactos ambientales.	39
2.2.1.5	Medidas Correctoras	42

CAPÍTULO 3. PERFECCIONAMIENTO DE LA PROPUESTA ACTUAL DE EXPLOTACIÓN	44
3.1	Fundamentación del sistema de explotación 44
3.1.1	Elección del sistema de explotación 45
3.1.2	Elementos del sistema de explotación 45
3.1.3	Equipos de perforación o extracción, carga y transporte del material 46
3.1.4	Esquema de preparación de nuevos horizontes. 47
3.1.5	Métodos de extracción del mineral útil. 47
3.1.6	Orden de los laboreos 48
3.1.7	Construcción de escombreras 54
3.1.8	Desagüe de la cantera. 54
	Conclusiones 55
	Recomendaciones 56
	Bibliografía 57
	Anexos 59

Introducción

La Industria de Materiales de Construcción, al igual que todas las esferas productivas del país, ha sufrido los impactos negativos de la situación económica interna y externa, deprimiendo sus actividades y ramas. Como parte de ella la actividad de la explotación de los yacimientos ha sido seriamente afectada, principalmente en lo concerniente a su correcta gestión y al desarrollo minero, por concepto de falta de equipos básicos, combustibles y de una estrategia que tenga en cuenta la realidad actual sin comprometer su futuro.

La Empresa de Materiales de Construcción de Sancti Spiritus perteneciente al grupo GEICON tiene por objeto la producción de los materiales utilizados en la esfera constructiva. Está compuesta por cinco UEB relativas a las diferentes ramas y a sus servicios. Una de las cuales es la UEB Cerámica, que agrupa tres Tejares dedicados a la producción de ladrillos macizos, ladrillos huecos, tejas criollas, diferentes tipos de losas, tubos sanitarios y sus conexiones. Ésta última carece de una explotación adecuada del yacimiento, en cuanto a las características requeridas de las materias primas y a su explotación, algo básico para su desarrollo.

Problema científico:

- Necesidad de perfeccionar el proyecto de explotación en función de las propiedades tecnológicas en el yacimiento “ARCILLA III A”.

Objetivo general:

- Perfeccionar el proyecto de explotación en función de las propiedades tecnológicas para suministrar con la calidad requerida el volumen de materia prima.

Hipótesis:

- Si se concretan los requerimientos de las materias primas necesarias para los procesos productivos y elementos cerámicos de los establecimientos, propone un Plan de Minería para la explotación e identificar y se describen los impactos ambientales negativos y positivos provocados por la actividad minera, se perfecciona el proyecto de explotación en función de las propiedades tecnológicas en el yacimiento “ARCILLA III A”.

Objetivos específicos:

1. Realizar una caracterización geólogo- minera, tecnológica y medioambiental del Yacimiento
2. Perfeccionar la propuesta actual de explotación
3. Concretar los requerimientos de las materias primas necesarias para los procesos productivos y elementos cerámicos de los establecimientos.
4. Proponer un Plan de Minería para la explotación.
5. Identificar y describir los impactos ambientales negativos y positivos provocados por la actividad minera.

Aporte práctico:

Un proyecto de explotación perfeccionado

Aporte teórico:

El estudio del yacimiento “ARCILLA III A” y su posible explotación.

CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

1.1 Introducción

El Yacimiento de Arcilla Zona III-A se encuentra ubicado aproximadamente a 1,5 km al Sur Este de la ciudad de Sancti Spíritus, al Sur de la Carretera central, en el tramo de Sancti Spíritus a Jatibonico, al Este de la carretera del Jíbaro y al Norte de unos de los afluentes del río Yayabo.

Específicamente el yacimiento de arcilla Zona III-A está compuesto por sedimentos cuaternarios de origen aluvial, conformados generalmente por arcillas de diferentes plasticidad, que van desde muy plástica hasta poco plástica y aleurolíticas. Las placas útiles presentan una potencia que oscila desde 1,00 hasta 6,50 m y la cubierta entre 0,20 hasta 3,00 m, en las zonas más próximas a las ventanas. Las potencias medias de las capas útiles son de alrededor de 4,00 m mientras que la cubierta es de 0,25 m.

Nuestra Empresa posee como *Concesión minera* una sección de este yacimiento con una reserva total de **343 327,4 m³**, aprobada por Resolución No 12 del MINBAS por un término de 10 años, conformada fundamentalmente por el Bloque 1BB, situado en el extremo Sur Oeste del mismo; escogida teniendo en cuenta las características de sus materias primas y las condiciones idóneas para la apertura del yacimiento de acuerdo a la cercanía de un canal de desagüe y una cañada que constituirían el drenaje natural de este. Ver **Anexos: Diagrama N° 1 y 2.**

Este yacimiento posee la documentación necesaria para su explotación: Informe Geológico y Proyecto Minero de explotación, aprobado por la Oficina Nacional de Recursos Minerales.

La Concesión minera ocupa un área de 9,85 hectáreas y sus coordenadas Lambert son las siguientes:

Vértice	Norte	Este
I	232225	664214
II	232500	664212
III	232500	664509
IV	232135	664511
V	232144	664312
VI	232225	664314

Para delimitar los límites fueron tomadas en cuenta el tipo de mineral que se ha estudiado y la complejidad del yacimiento.

Para el cumplimiento de los objetivos previstos se aplicaron **métodos** teóricos, matemáticos y empíricos de la investigación científica:

- El análisis-síntesis, para estudiar los informes geológicos y mineros, y la bibliografía de los procesos cerámicos.
- El histórico-lógico para estudiar y valorar la situación de la empresa y establecer los fundamentos teóricos del proceso de explotación.
- El matemático para realizar los ensayos de laboratorio y pruebas tecnológicas de las materias primas.
- El de tormenta de ideas para con el análisis grupal decidir las acciones y adecuaciones del proceso de explotación.

- La inducción-deducción para interpretar los resultados obtenidos en la evaluación de impactos.
- Dentro de los métodos empíricos se utilizó fundamentalmente, la observación para percibir visualmente los impactos y sus consecuencias.

El trabajo se desarrolló a través de tres etapas fundamentales:

Etapa I. Estudio bibliográfico. Definición y caracterización del objeto de estudio.

Etapa II. Análisis del sistema de explotación e identificación y evaluación de los impactos ambientales.

Etapa III. Perfeccionamiento del sistema de explotación.

El diseño del Sistema de Explotación constituye un proceso continuo e interactivo y su estructura, responsabilidades, prácticas, procedimientos y recursos para cumplir con la política, objetivos y metas, tienen que ser coordinadas con el esfuerzo de todas las áreas de la Empresa de Materiales de Construcción de Sancti Spiritus.

1.2. Estado de la temática en el mundo

La explotación de los yacimientos debe apuntar al desarrollo sostenible considerando como equitativa la conversión del recurso mineral en capital social y ambiental durable. En el pasado, esta conversión no ha sido eficiente o equitativa causando costos sociales y ambientales en los lugares de explotación. La política ambiental minera debe ser considerada primordial para el bienestar humano. Las obligaciones ambientales,

incorporadas a los procesos mineros, son una materia relativamente nueva. Varios países de Latinoamérica en concordancia con las experiencias internacionales, elaboraron un marco legal que articula las necesidades de la sociedad y los intereses de los productores mineros. Esto implica un enfoque ambiental integral, que incluye no sólo los recursos naturales sino también los impactos socioeconómicos y culturales, especialmente los de la gran minería, a través de la generación de empleo, la infraestructura instalada, el desarrollo tecnológico y, los servicios generados a partir de su ejecución. El desarrollo humano es no sólo el objetivo de la política ambiental sino también la condición misma de su carácter sustentable.

Se debe prever el agotamiento del yacimiento y la finalización de la actividad minera en un plazo más o menos establecido, la planificación de un desarrollo sustentable debe contener elementos (económicos y sociales) alternativos necesarios para desarrollar actividades luego de la finalización de la actividad minera. Si se realizan los estudios correspondientes se puede predecir cuales son las actividades que, sostenidas, puedan mantenerse por si mismas y crecer lo suficiente como para absorber, en un plazo no demasiado prolongado, la mano de obra que va siendo liberada del yacimiento.

- **Los recursos mineros de la región y las características de su explotación.**

Latinoamérica y el Caribe se caracterizan por poseer una gran variedad y cantidad de recursos mineros. Muchos países de la región los explotan desde hace varios siglos constituyendo, según el país y la legislación imperante en cada momento histórico, una fuente de ingresos importante para la economía regional.

La inversión en proyectos de explotación minera en América Latina es la mayor del mundo: América Latina 32%, Oceanía 20%, África 16%, Asia 13%, Norteamérica 12%

y Europa 7%. A su vez, Chile, Brasil y Perú son los países que invierten más dinero en la exploración y explotación de recursos mineros de nuestra región.

La explotación minera se realiza a partir de grandes inversiones (generalmente de empresas multinacionales, a veces con participación del Estado) e involucra a las comunidades de los lugares en los que se materializan los proyectos mineros. Como toda actividad productiva, la explotación minera genera un impacto social, económico y ecológico, por lo que los países de nuestra región deben definir políticas y legislaciones tendientes a controlar las condiciones de explotación, en beneficio de las comunidades y de la preservación del ambiente que afecta. En el pasado la explotación minera no se realizó en condiciones de sostenibilidad, muchas son las comunidades y los ambientes afectados. Hoy los nuevos proyectos deben considerar dentro de su inversión, la remediación ambiental, es decir que tanto durante, como después del cierre de mina deben mitigarse los impactos realizados durante la explotación. Nuevamente son los gobiernos quienes deben velar para que eso se cumpla.

La calidad de los productos fabricados y consumidos por un país es un exponente del grado de desarrollo y bienestar alcanzado por el mismo. La calidad de un producto cerámico depende del grado de preparación de la materia prima, utilizada en su elaboración.

Llama la atención, cuando se visitan las fábricas de ladrillos de los países europeos más avanzados, el gran desarrollo que alcanza la sección de preparación de materias primas. En el polo opuesto, nos sorprende la poca atención que se da a la preparación de las arcillas en nuestros países en vías de desarrollo.

Cualquiera que sea el sistema de explotación de la cantera, en horizontal o abriendo un frente vertical, la materia prima extraída presentará importantes variaciones que es preciso corregir mediante la formación del lecho de homogeneización.

Por otra parte, antes se utilizaban, por ejemplo, excavadoras de canjilones que permitían arrancar materiales de distintos estratos y mezclarlos entre sí, con lo que se lograba un suministro bastante regular. Hoy en día, sin embargo, se utilizan bulldozers o palas excavadoras que se desplazan con mayor agilidad, pero cuya concepción responde más a las exigencias de la técnica de extracción y movimentación de tierras que a las necesidades de arranque y homogeneización de una explotación de arcillas. Estos problemas se pueden solventar mediante la formación de pilas de homogeneización y envejecimiento del material a pie de planta.

Aunque se presentan muchas deficiencias e insuficiencias durante el proceso de preparación y explotación de las canteras, los principales y de mayor influencia son: falta de diseño o insuficiente fundamentación técnica en su elaboración, insuficiente preparación de las canteras para su explotación, necesidad de perfeccionamiento del sistema de explotación, deficiente diseño de los trabajos de voladura y/o poco control en la aplicación de lo planificado en estos trabajos, problemas de seguridad, impacto ambiental considerable y problemas en el diseño y manejo de las escombreras.

Es necesario aclarar que no siempre se presentan todas las deficiencias e insuficiencias antes mencionadas, sino que en casos concretos algunas pueden no manifestarse.

En la generalidad de los casos, tanto en canteras que cuentan con el diseño y más aun en las que no lo tienen, los parámetros de explotación varían indiscriminadamente pudiéndose así encontrar en una misma cantera; en lugar de uno o dos frentes desarrollados varios pequeños frentes en un mismo horizonte de explotación con alturas de bancos diferentes; alturas de bancos extremadamente altos, con ángulos de talud casi

verticales; deficiente distribución de los frentes; con la ubicación de los accesos que no responde a la futura estrategia de desarrollo y otras, todo lo cual denota una insuficiente argumentación técnica de la estrategia de explotación.

La ubicación de las escombreras presentan las mismas deficiencias, ubicándose en ocasiones sobre partes del yacimiento, con lo cual se eleva la dificultad para lograr el aprovechamiento integral del recurso, así como alcanzar un rápido incremento de la productividad con un bajo costo.

Otro aspecto que incide en la falta de diseño o en su insuficiente fundamentación técnica es que muchas canteras no cuentan con el personal técnico calificado para enfrentar estas tareas.

La preparación de las canteras para la explotación contempla la creación de los accesos (camino, rampas), frentes de arranque y frentes de carga, con las dimensiones y parámetros que aseguren la posibilidad de obtener los volúmenes comprometidos con el mercado.

Para operar una cantera en condiciones técnicamente normales y asegurar una buena productividad y competitividad es necesario que durante toda la vida de explotación de las mismas, existan reservas destapadas, preparadas y listas para el arranque.

Las canteras generalmente son desarrolladas en yacimientos, ubicados en relieves llanos o en laderas de terrenos montañosos o elevados, por lo que los sistemas de explotación aplicados los podemos clasificar como:

- Sistemas de explotación con profundización.
- Sistemas de explotación sin profundización.

El primer grupo representa alrededor del 15 al 25 % de las explotaciones de materiales de construcción en el área. Presentan la dificultad relacionada con la necesidad de realizar apertura y preparación, según el orden de ejecución para poder operar y exigen una explotación más técnica. Tiene la gran bondad de enmascarar los impactos ambientales producidos en las canteras y el gran inconveniente de las inundaciones en los periodos de lluvias, frecuente en nuestra área geográfica.

Los sistemas de explotación sin profundización, desarrollados en los yacimientos de montaña dan lugar a las canteras de laderas. Estas canteras se pueden desarrollar con avance frontal, donde el frente de trabajo tiene una altura creciente y con arranque por bancos descendentes.

La insuficiencia técnica, que limita la segura explotación de los yacimientos de materiales de construcción, puede afectar significativamente la productividad de las canteras y aumenta los riesgos de accidentes.

Los principales problemas de seguridad que se presentan son:

- En los taludes altos de los frentes de trabajo existe la probabilidad de desprendimientos de roca.
- La generación de polvo en los trabajos de perforación afecta la salud de los perforadores y otros trabajadores.
- El polvo también puede afectar la visibilidad en los caminos, lo que ha influido en accidentes de trabajo.
- Los trabajadores no siempre emplean medios de seguridad.
- Generalmente no existen planes para enfrentar situaciones de emergencia, tales como accidentes de tránsito en la cantera, fallo de taludes, etc.

- Se manifiesta frecuentemente una insuficiente planificación y medidas de seguridad en los trabajos de voladuras.
- En ocasiones son empleados métodos de explotación inadecuados, con procedimientos de trabajo que en ocasiones son potencialmente peligrosos (por ejemplo el descalce de taludes).
- Frecuentemente nos encontramos con bermas mal dimensionadas o mal ubicadas.
- Uso inadecuado de equipos mineros.
- No son cerrados ni aislados los lugares peligrosos.
- Insuficiente señalización de advertencia de accesos y caminos peligrosos.

Las canteras generalmente impactan negativamente la atmósfera, las aguas superficiales y/o subterráneas, el suelo, la vegetación, la fauna, el paisaje y a la poblaciones cercanas, en dependencia de la ubicación geográfica de la mismas, la tecnología empleada durante su explotación, así como de la existencia de proyectos, en los cuales se prevea la minimización o mitigación de los impactos negativos.

En la práctica común durante la explotación de nuestras canteras, no se prevé en la mayoría de los casos medidas para la minimización de los impactos negativos que se producen durante la explotación y en otros casos no se cuenta con los fondos requeridos para ello, por lo que incluso existen casos en que no se ejecutan ningún tipo de trabajos de rehabilitación.

En la mayoría de los casos existe una ausencia total de los planes de cierre, por lo que, cuando se agota el recurso o es irrentable la explotación, se procede al abandono de la cantera, dejando una carga de impactos negativos considerables.

Las escombreras constituyen depósitos de las rocas no condicionadas para la producción, las cuales generalmente son suelos o rocas de la cubierta que una vez arrancadas son

trasladadas a lugares que no dificulten la extracción de los recursos en explotación. Sin embargo en la práctica encontramos que estas se realizan sin un diseño previo, se ubican en laderas en las cuales además de constituir un fuerte impacto visual al paisaje, representan una fuente de contaminación con polvos a la atmósfera y con sólidos a los arroyos o ríos, también constituyen un peligro potencial por movimiento de masas en laderas cuando no están correctamente desarrolladas, ya que en periodos de intensas lluvias pueden producirse deslaves potencialmente peligrosos.

Se puede resumir que:

- La explotación de las canteras de materiales de construcción, en un por ciento considerable, se realiza de forma irresponsable con una ausencia significativa del uso de técnicas de avanzada, por lo cual ellas no están en capacidad de dar respuesta a las demandas crecientes de materiales de construcción.
- Los relativos bajos precios de venta de los materiales de construcción, así como los elevados costos que representa la realización de investigaciones, para conocer con precisión los recursos que se explotan; hace que los propietarios no se estimulen por conocer adecuadamente los yacimientos que explotan y esto a su vez conlleva a la no realización, ni aplicación de proyectos de explotación.
- La explotación se realiza sin la existencia de un proyecto para un largo plazo, que contemple toda la vida de la cantera, así como sin proyectos para periodos de 5 años.
- Los trabajos de voladura, en el mejor de los casos, no garantizan con la calidad requerida el arranque del material, lo que por un lado afecta la productividad del trabajo y por el otro puede afectar la seguridad y aumentar el impacto ambiental.
- En general en las canteras de nuestra área geográfica no se cumple íntegramente con las medidas de seguridad, lo que puede provocar diferentes afectaciones.

- Durante la explotación de la mayoría de las canteras, el lugar de ubicación de las escombreras se elige a priori, donde primero aparezca o donde sea más fácil depositar el material que no se va a utilizar; sin un diseño de su construcción.
- Los instrumentos legales existentes para el control de la actividad en el área, son de reciente creación y su implementación aún es insuficiente para lograr sus efectos de manera que se realicen las explotaciones de las canteras de forma que produzcan el menor impacto.
- En la actualidad, prácticamente no se procede al cierre técnico de las canteras, sino simplemente, en el mejor de los casos, en ellas se implementan algunas medidas de rehabilitación y se abandonan, con las potenciales afectaciones, que esto puede acarrear, sobre todo cuando se trata de canteras ubicadas cercanas a áreas pobladas.

1.3. Estado de la temática en Cuba

Cuba tiene una larga tradición minera, sin embargo, gran parte de las minas están inactivas. Entre los minerales en producción se encuentran la cromita, los óxidos de hierro, el cuarzo, la caliza, las arcillas y, también en pequeña proporción, el oro, el cobre y el magnesio. La reserva de níquel y cobalto es una de las mayores del mundo.

Nuestro país presenta aproximadamente una situación similar a los restantes de la región, agravada, además, teniendo en cuenta el limitado acceso a los financiamientos del exterior.

En los últimos años se ha estado actuando para revertir estas condiciones, adecuando tanto lo concerniente a la legislación (Ley No 76/1995 Ley de Minas, Decreto No 222/1997 Reglamento de la Ley de Minas, Ley No 81/1997 de Medio Ambiente,

Resolución 77/99 Reglamento del Proceso de Evaluación de Impactos Ambientales, etc.), como lo relativo a las inversiones en los equipamientos y la capacitación de los recursos humanos.

Los yacimientos que más abundan son los relacionados a las producciones de materiales de construcción, principalmente de áridos, mármoles, granitos y arcillas. Se encuentran distribuidos en mayor o menor medida por todas las regiones del país.

En el caso de los yacimientos de arcilla existe una larga tradición, en determinadas regiones, de su uso y explotación. En las primeras etapas eran explotados de forma rudimentaria valiéndose de herramientas manuales. Ya en la segunda mitad del siglo XX se fueron introduciendo equipos autopropulsados para la extracción, la carga y el transporte. Posterior al triunfo de la Revolución, con la ayuda de los países del llamado “Campo Socialista”, esta actividad logró un cambio sustantivo, tanto en la introducción de equipamientos y técnicas adecuadas como en la formación de los recursos humanos.

Con la entronización del “Período Especial” esta actividad, al igual que la mayoría del país, ha estado condicionada a la escasez de los recursos que han influido tanto en la carencia de equipos y a su uso coyuntural como en la disminución de la influencia del personal especializado, conllevando todo esto a un bajo nivel de desarrollo cuantitativo y cualitativo.

Los yacimientos de arcilla necesitan una explotación específica y particular. Determinado por su origen y formación no existen dos yacimientos iguales, en la mayoría de ellos existen fluctuaciones puntuales de sus características. De acuerdo a los diferentes productos para los que se destinan es necesario hacer extracciones selectivas o mezclas específicas. Para evitar la contaminación de sus materias primas es casi obligatorio el uso exclusivo del equipamiento utilizado. Por la característica

higroscópica de la arcilla el clima, período seco o lluvioso, influye en la determinación del momento de la explotación. Además, las ventajas que proporciona - en las propiedades de las materias primas - el envejecimiento, obligan a extraer volúmenes apreciables. Sumado todo esto a las carencias de los recursos y a lo coyuntural de su existencia, podemos apreciar lo dificultoso que resulta realizar una explotación adecuada.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN GEOLOGO-MINERA, TECNOLÓGICA Y MEDIO-AMBIENTAL DEL YACIMIENTO

2.1. Determinación de las propiedades geólogo-mineras y tecnológicas de los recursos del Yacimiento Zona III-A.

2.1.1. Propiedades geólogo-mineras.

2.1.1.1. Geología del yacimiento.

La constitución geológica de nuestra región de estudio es muy compleja y diversa estando representada fundamentalmente por formaciones sedimentarias metamórficas y magmáticas desde el Cretáceo hasta el Neógeno y el Cuaternario.

Esta formación es instruida por los granitoides Manicaragua los cuales ocupan gran extensión en los alrededores de la ciudad de Sancti Spíritus y están compuestas generalmente por granodioritas anfíbol biotitas, cuarzodiorita pertenecientes al Cretácico superior, también por la parte Este de dicha región aparece un afloramiento de granodioritas moscovitas con la misma edad. En el extremo Sur-Oeste de la región aparecen afloramientos representados por tobas alteradas pertenecientes a la Formación Jarao de edad Cretácica superior la cual yace trasgresivamente sobre los materiales de la Formación Mataguá.

Específicamente el yacimiento de arcilla Zona III-A está compuesto por sedimentos cuaternarios de origen aluvial los cuales fueron depositados en la terraza Norte que forma el Río Yayabo, el cual corre en dirección NorEste – SurEste con poca velocidad debido al bajo gradiente del terreno, lo que permite que se acumulen los sedimentos

arcillosos. Todos estos sedimentos descansan sobre la Formación Lagunita la cual no presenta ningún aprovechamiento como materia prima. Está compuesto de forma general por arcillas de diferentes plasticidad que van desde muy plástica hasta poco plástica y aleurolíticas. Las placas útiles presentan una potencia que oscila desde 1,00 hasta 6,50 m y la cubierta entre 0,20 hasta 3,00 m, en las zonas más próximas a las ventanas. Las potencias medias de las capas útiles son de alrededor de 4,00 m mientras que la cubierta es de 0,25 m.

Las arcillas presentan concreciones de Carbonato de Calcio y raramente fragmentos de rocas, lo cual constituyen factores negativos para la calidad de la materia prima, aunque estas características aparecen con poca frecuencia. En la parte SurOeste aparecen depósitos arenosos formando lentes alargados que se acuñan complicando de esta forma la estratificación. Cubriendo casi todo el yacimiento se encuentra una capa de arcilla humífera que oscila entre 0,50 y 1,50 m de potencia, con un alto grado de plasticidad.

2.1.1.2. Grado de complejidad del yacimiento.

En el yacimiento se destacan cuatro tipos tecnológicos de la materia prima, los cuales se reparten por toda el área, haciendo que la *complejidad geológica* sea considerada como Media, no obstante de acuerdo a los resultados tecnológicos obtenidos, en cada uno de los tipos por separado, el grado de variabilidad de sus parámetros es homogéneo. Por otra parte las muestras tomadas entre todos los tipos tecnológicos acusan resultados favorables para el uso de la materia prima, todo esto hace que ubiquemos nuestro yacimiento en el Grupo II de la *clasificación Geólogo Industrial* y de acuerdo a su *cantidad de reservas* en el tipo Mediano.

Por lo tanto la extracción de la materia prima debe realizarse por medio de canteras aisladas de acuerdo al tipo de material existente, ya que no se encuentran dispuestas de

un modo regular que permita bloquearlas por separado, es decir hacer la explotación de forma selectiva debido a la distribución heterogénea del material.

2.1.1.3. Características mineralógicas cualitativas de los minerales útiles y de las rocas encajantes.

Los resultados obtenidos durante la composición mineralógica nos indica la presencia de un mineral arcilloso compuesto por el 60 a 65 % de clorita-montmorillonita, también se encuentran feldspatos (albita y labradorita) mayores que el 20 %, cuarzo menor que el 15 % y cordierita rica en Fe y Mg. Los resultados obtenidos con las mezclas de arcillas Muy Plásticas son buenos y la resistencia muy alta, los contenidos de la fracción arcillosa en estas arcillas no sobrepasa el 50 %.

La descripción mineralógica de los retenidos sobre los tamices podemos decir que están compuestos por fragmentos de cuarzo blanco lechoso, feldspato y anfibolitas, escasos fragmentos de esquistos cuarzosos, carbonatos, etc.

2.1.1.4. Características hidrológicas.

Existe un clima tropical, similar al de toda la región central del país, con dos periodos bien definidos uno de lluvia y otro de seca con una presión atmosférica promedio entre 710 y 760 mmHg. El área de estudio se encuentra ubicada en la Región hidrogeológica XL que se extiende desde Cienfuegos hasta Sancti Spíritus. En esta región existe una gran variabilidad de los parámetros hidrogeológicos con gastos que oscilan de 0,1 hasta 1,0 l/s.

Las aguas subterráneas en estas zonas se mueven hacia dos direcciones fundamentales, en el sector Norte con una dirección de 180° y en el sector Sur con una dirección de 260° como promedio.

El movimiento de las aguas subterráneas unidas a otras características existentes en la zona nos permite afirmar que la alimentación del acuífero se produce tanto fuera como dentro del área.

- El Río Yayabo alimenta a la zona SurOeste.
- Las aguas provenientes de las elevaciones del Norte también alimentan al acuífero.
- Las aguas pluviales caídas en el área del yacimiento no alimentan prácticamente al acuífero debido a la baja permeabilidad de las arcillas.

Las aguas subterráneas que existen en el yacimiento yacen a diferentes profundidades; al igual que los suelos que forman el horizonte acuífero, encontrándose algunos sectores sobre el nivel freático y en otros por debajo de este, por tal motivo la profundidad de yacencia del horizonte acuífero está relacionada con el nivel freático de las aguas subterráneas. En el sector de la Concesión la cota de explotación mínima es hasta los +37,0 m.

Debido a que el área que ocupa el yacimiento es llana y de escasa pendiente, unido a la baja permeabilidad de las arcillas y, además, a la existencia en el extremo Sur de ella de la vaguada o canal hacia donde de forma natural ocurre el escurrimiento, y fundamentalmente durante la época de lluvia, se almacenan en ella las aguas pluviales, manteniéndose húmeda a una potencia que oscila entre 0,5 m y 2,0 m, y hasta en algunos sectores con características pantanosas. Por lo tanto es recomendable extraer durante la época de seca el mayor volumen posible de materia prima, para evitar las dificultades en su explotación y traslado.

2.1.1.5. Cálculo de reservas.

Para su evaluación se utilizaron los siguientes límites:

- Contenido de CaCO₃, hasta 7 %.
- Contenido de granos mayores que 2 mm, hasta 5 % para las arcillas; en el caso de los desgrasantes hasta 15 %.
- Cota de explotación, hasta 4,0 m.

La *potencia mínima* es uno de los parámetros básicos del cálculo de reserva, lo cual fue seguido con detenimiento durante la ejecución de los trabajos de campo y posterior elaboración. Otro parámetro fundamental que se tuvo en cuenta fue la *potencia máxima* de cubierta permitida la cual era de 1,0 m igual a la *potencia útil*, es por ello que surgen ventanas negativas en el yacimiento.

El cálculo de los recursos concesionados y no concesionados de cada bloque se realizó por el *Método de los bloques geológicos*, teniendo en cuenta las cotas de explotación, potencia y particularidades tecnológicas de las materias primas. De acuerdo a la variabilidad de la distribución de los tipos tecnológicos se hace difícil realizar un bloqueo por cada uno, por lo que se consideró de manera integral un solo grupo, compuesto por los distintos tipos de materias primas útiles. Los resultados son los siguientes:

Tabla N° 2.1 Recursos Concesionados.

N° de Bloques	Área (m²)	Potencia (m)	Volumen (m³)
1 BB	90 310,0	3,60	325 116,0

10 C ₁ B	3 360,0	3,26	10 973,4
11 C ₁ B	2 184,0	3,14	7 238,0
Total	95 854,0	Promedio 3,47	343 327,4

Los bloques 2 BB, 3 C₁B, 4 C₁B, 5 C₁B, 6 C₁B, 7 C₁B, 8 C₁B, 9 C₁B, 12 C₁B, 13 C₁B y 14 C₂B están completamente sin concesionar. Ver **Anexos: Tabla N° 2**.

- Volumen total de los recursos medidos 325 116,0 m³.
- Volumen total de los recursos indicados 18 211,4 m³

En el caso de cada bloque se calcularon las reservas existentes en cada tipo tecnológico a partir del *Método del Promedio aritmético*:

1° Determinación del área **P [m²]**.

2° Determinación del promedio del espesor **em [m]**.

3° Cálculo del volumen de los recursos **V [m³]**.

$$V = P \times em$$

Por ejemplo en el Bloque 1 BB: el volumen de arcilla Muy Plástica es 51 000 m³, de Plástica 94 000 m³ y de Poco Plástica 55 000 m³.

Para la explotación existen materiales gráficos que permiten orientar de forma precisa la extracción: el Mapa de isolíneas de potencia y el de isolíneas de explotación y, además, los resultados de los Pozos de perforación.

2.1.2. Determinación de las propiedades tecnológicas.

2.1.2.1. Características y propiedades de las materias primas.

En los **Anexos: Tablas N° 3, 4 y 5** aparecen las propiedades y características físico-mecánicas, químicas y tecnológicas de las materias primas de la Concesión. De acuerdo a los tipos tecnológicos pueden resumirse de la forma siguiente:

Arcillas Muy Plásticas: Generalmente tienen alta plasticidad y contracción ya que los valores de Agua plástica se encuentra entre 25,0 y 40,0 % siendo el promedio de 27,0 hasta 30,0 %. La Resistencia a la presión por flexión de estas arcillas como valor medio es de 52,6 Kg/cm², estando los valores más frecuentes entre 36,0 y 50,0 Kg/cm².

Arcillas Plásticas: Son arcillas de mediana plasticidad, los contenidos de Agua plásticas oscilan entre 18,5 y 30,5 % siendo las más frecuentes de 24,5 hasta 26,0 %. La Resistencia a la flexión es algo variable pues los valores se encuentran desde 28,0 hasta 112,0 Kg/cm², para un promedio de 60,7 Kg/cm².

Arcillas Poco Plásticas: Presentan por lo general poca plasticidad y contracción. El contenido de Agua plástica es menor de 25,0 %, estando los que predominan entre 19,6 y 22,6 %. La Resistencia a la presión por flexión como todos los tipos es la que más varía pues sus valores oscilan entre 23,5 y 90,0 Kg/cm², siendo el valor promedio de 45,0 Kg/cm².

Desgrasante: Comprende a las arcillas arenosas y arenas de granulometría fina donde el Agua plástica en la mayoría de los casos es inferior al 20,0 % y la contracción al secado menor que 4,5 %. Sus propiedades físicas no se diferencian mucho de las arcillas Poco Plásticas.

Las arcillas desde el punto de vista *químico* son: semi-acidas, ya que el rango de variación de los contenidos de Al_2O_3 es de 13,85 hasta 17,24 %. Por el contenido de Fe_2O_3 de 5,46 a 9,66 %, y el TiO de 1,0 %, son arcillas con alto contenido de óxidos colorantes. Tienen altos porcentos de SiO_2 , oscila entre 52,9 y 62,2 %. El álcalis ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) es menor que 3,0 % y el SO_3 no alcanza valores mayores que 0,1 %. El CaCO_3 es inferior al 7,0 % en las reservas calculadas, pero fuera de estas es superior al 25,0 %.

De forma general la Contracción total oscila en valores cercanos al 8 ó 9 %, la Temperatura óptima de cocción está en el intervalo entre los 950 y los 1000 °C, obteniéndose Absorciones aproximadas al 12 ó 13 % y Resistencias a la compresión y flexión altas, y el color Rojo característico de las arcillas de la región.

2.1.2.2. Criterios para definir la utilización de las materias primas.

Los criterios que definen el uso de las materias primas relacionan los tipos de estas, las tecnologías que poseemos y los productos a elaborar. Se tienen en cuenta principalmente las propiedades que inciden en los procesos tecnológicos: Molienda, Conformado, Secado y Cocción, y las características de calidad de los elementos.

En el caso de la Molienda se deben evitar las materias primas que tengan altos porcentos y tamaños de granos duros (cuarzo, sílice, etc.) y partes vegetales. En el Conformado se necesitan índices de plasticidad que como mínimo permitan conformar -

en la etapa de moldeo - los elementos, manteniéndolos íntegros en la etapa de secado y con la suficiente Resistencia para su manipulación. En el proceso de Secado que sean de baja sensibilidad para evitar el agrietamiento y deformado. En la Cocción como nuestras arcillas son de alto contenido de óxidos de hierro hay que cuidar que las mezclas se mantengan en los valores adecuados para evitar la formación de su óxido ferroso, para evitar manchas oscuras y hasta la fundición de los elementos. En relación a los requerimientos de calidad se debe analizar específicamente por cada producto, ya que varían en función de estos, por ejemplo: en el caso de los elementos de pared que presenten alta Resistencias a la compresión; en las losas a la Flexión, la Absorción y su aspecto superficial; en la teja criolla principalmente la Absorción y aspecto y en los tubos la Absorción.

En las Tablas siguientes exponemos algunos criterios generalmente aceptados, aunque debido a las características específicas de cada tipo de arcilla, que puede considerarse casi como irreplicable, la práctica es la que define realmente su uso.

Tabla N° 2.2 Criterios generales aceptados de los grupos

Grupos	Productos
I	Ladrillos macizos, perforados
II	Bloques perforados
III	Bloques aligerados, Tejas, Losas y Tubos
IV	Ladrillos para paredes

Tabla N° 2.3 Propiedades de los grupos anteriores

Propiedades	Grupos			
	I	II	III	IV
Granos de difícil trituración > 2 mm (% máx)	10	5	2	2
Zona según Diagrama de Winkler	I	II	III	III
Contracción al Secado (% máx)	3,5-5,0	4,0-7,0	5,0-8,0	5,0-8,5
Resist. a la Flexión d. Secado (mín. Kg/cm ²)	20	30	30	30
Absorción d. horno (% máx.)	12	12	12	20
Resist. a la Flexión d. Horno (mín. Kg/cm ²)	90	50	70	70

En el **Diagrama N° 3** de los **Anexos** aparecen ubicadas en el Diagrama de Winkler algunas muestras - extraídas en excavaciones ejecutadas para orientarnos y, además, confirmar sus características; según los resultados del Ensayo de Hidrómetro.

2.1.2.3. Evaluación de las propiedades de los recursos no condicionados a la tecnología actual de procesamiento.

En el yacimiento existen depósitos arenosos formando lentes alargados que se acuñan complicando de esta forma la estratificación. Los depósitos arenosos afectan la materia prima porque aumenta el contenido de arena en las arcillas y esto trae consigo un mayor desgaste en los equipos tecnológicos, aumentando el tiempo y los gastos de reparación de los mismos, y un producto final con las características alteradas, por ejemplo, la impermeabilidad de la teja, losas de azotea, tubos y conexiones sanitarias.

El Norte del yacimiento se encuentra delimitado por un relieve ondulado con elevaciones pequeñas, compuesta por alteraciones cíclicas de calcarenitas, calizas y margas de la Formación Bijabo, que constituye la fuente de aporte de gran cantidad de material calcáreo, principalmente concreciones de carbonato y fragmentos de rocas que invaden la parte Norte del yacimiento y que fue arrastrado hacia las partes bajas por la acción de las aguas pluviales, que dan lugar a estratos con una mayor o menor contaminación de estas concreciones, y hasta en secciones fuera de nuestra Concesión de ventanas negativas dentro del yacimiento.

La composición de carbonato de calcio y concreciones carbonatadas produce una contaminación de la materia prima a la hora de la extracción de la misma y cuando pasa por un proceso tecnológico no adecuado, son trituradas y pueden ocasionar un producto terminado con defectos que afectan ostensiblemente la calidad.

Los establecimientos de la Industria cerámica de nuestra Empresa presentan una tecnología bastante atrasada, y agregado a ello están destinados a la producción de elementos cerámicos que exigen altos requerimientos de calidad de las materias primas –

Ladrillos macizos, Tejas criollas, Tubos y conexiones, y Losas de azotea y de piso – puesto que necesitan adecuados índices de plasticidad para su conformado, exigen altos valores de resistencias a la compresión y a la flexión, según el caso, y bajos niveles de absorción (Ver **Anexos: Tabla N° 1**) . En el caso de los Tejares "Ciro Redondo" y "Conrado Benítez" solo presentan una molienda primaria, utilizando para ello Molinos laminadores en mal estado técnico, permitiendo solo moliendas que oscilan entre 6 y 12 mm que no son capaces de mejorar tecnológicamente las materias primas ni de disminuir a los niveles requeridos – tamaños de las partículas - las concreciones de CaCO_3 y de SiO_2 . En relación al Tejar "Enrique Villegas" la molienda se realiza en una "Pisa", un equipo muy rudimentario, que aunque permite una correcta homogenización de las materias primas no soluciona el problema de las concreciones.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto podemos considerar como recursos no condicionados a la tecnología actual de procesamiento los siguientes:

1. Depósitos arenosos intercalados en los estratos de arcilla.
2. Arcillas de diferentes plasticidades que presentan altos porcentajes de concreciones de CaCO_3 .
3. Arcillas *Poco plásticas* que de acuerdo al gran volumen existente excederían las posibilidades de mezclarlas para obtener formulaciones adecuadas a los elementos cerámicos a elaborar.

2.1.2.3.1. Depósitos arenosos.

Los depósitos arenosos tienen un volumen nada despreciable, aproximadamente 39 000 m^3 , se encuentran intercalados entre las materias primas arcillosas a explotar. Constituyen fundamentalmente arenas arcillosas de granos finos, pero para los elementos cerámicos a elaborar y al desgaste que provocarían en los equipos tecnológicos, y como existen altos volúmenes de arcillas *Poco plásticas* es preferible usar estas como *Desgrasantes*. Estos depósitos pueden extraerse adecuadamente sin afectar la actividad

fundamental del yacimiento y emplearse con o sin beneficio para su expendio a otras entidades.

- **Caracterización de las arenas.**

Tabla N° 2.4 Pozos con estratos de arena y sus características.

# m	# p	Inter. m	Pot. m	Granulometría						CaCO ₃ %	AgP	Ti po
				4,75	2,0	1,0	0,5	0,05	<0,05			
				%	%	%	%	%	%			
495	26	0,3-2,0	1,7	0,3	0,4	1,0	6,1	45,1	47,0	1,6	19,5	PP
722	63	1,1-3,0	1,9	4,1	0,9	6,1	5,3	25,5	58,0	4,8	15,1	PP
208	117	2,8-3,2	0,4	2,5	7,1	6,6	15,0	34,3	34,4	3,1	15,8	D
216	119	1,0-3,8	2,8	0,9	3,7	8,7	17,4	50,2	19,2	2,2	-	D
222	121	1,0-4,0	3,0	0,8	1,1	1,7	2,9	41,8	51,7	2,6	15,9	D
229	123	1,2-2,7	1,5	5,5	8,3	9,8	14,3	45,5	16,7	2,2	-	D
233	124	1,0-3,5	2,5	3,9	9,6	10,0	18,0	41,7	16,0	2,2	-	D

Como puede apreciarse en la **Tabla N° 2.4**, las muestras de los estratos de arena en los resultados de las Granulometrías, oscilan en la fracción mayor 0,05 mm entre 40 y 60 %, y menos del 10 % de granos mayores de 2,0 mm; tentativamente podemos considerar que del por ciento de la fracción menor de 0,05 mm existan granos mayores que 0,02 mm, que también son considerados como arena.

2.1.2.3.2 Arcillas con altos porcentajes de CaCO₃.

Existen en varias secciones de la concesión estratos de arcillas (**Tabla N° 2.5**), principalmente caracterizadas como *Plásticas* y *Muy plásticas*, con valores superiores al 5 % de CaCO₃ ó "caliche" pero con las restantes propiedades y características

excelentes. Es típico en las arcillas de nuestra región la presencia de un "caliche apagado", son concreciones en forma de "garbanzo" de mayor o menor tamaño, de poca dureza, de color parduzco internamente y una envoltura un poco más clara debido a la mayor presencia en ella del carbonato. Este "caliche" por su bajo contenido de calcio no explota después del proceso de cocción, pero si se aprecia como partículas de color gris-parduzco en los elementos conformados producto de una molienda ineficiente, por lo que con la molienda actual no es posible utilizarlas.

De acuerdo a sus propiedades, y remarcado por la existencia en el yacimiento de amplios volúmenes de arcillas *Poco plásticas*, sería óptimo poder procesar con una molienda adecuada estas arcillas y mezclarlas proporcionalmente para la conformación de otros elementos, incrementando considerablemente los volúmenes de las materias primas del yacimiento, y en el caso de las *Plásticas* emplearlas en productos que no vean afectada su calidad intrínseca por su uso.

Tabla N° 2.5 Pozos con estratos de arcillas ricas en concreciones carbonatadas.

# m	# p	Inter. m	Pot. m	Granulometría						CaCO ₃ %	AgP	Tipo
				4,75	2,0	1,0	0,5	0,05	<0,05			
				%	%	%	%	%	%			
468	14	6,0-6,7	0,7	1,3	1,0	1,3	3,6	20,3	64,2	6,6	27,4	MP
506	25	2,4-4,4	2,0	0,7	2,9	1,4	3,0	32,8	59,1	8,3	22,5	P
522	27	2,4-3,0	0,6	2,0	5,9	4,4	5,4	18,9	63,9	13,8	25,6	MP
523	27	3,0-5,5	2,5	0,7	3,5	1,9	1,8	10,9	81,2	17,8	30,3	MP
733	65	1,7-4,0	2,3	6,4	4,5	1,8	2,3	20,7	64,2	19,4	28,3	MP
51	68	0,8-3,2	2,4	0,7	1,6	1,2	3,0	21,4	72,0	5,8	23,4	P
6	69	2,7-4,7	2,0	0,1	0,2	0,2	0,6	9,0	89,9	7,3	32,4	MP

7	69	4,7-6,7	2,0	0,6	0,4	0,4	0,7	7,9	89,9	5,9	33,5	MP
205	115	3,2-3,9	0,7	1,5	4,3	2,2	3,1	26,8	62,1	6,1	25,0	P

2.1.2.3.3 Arcillas *Poco plásticas*.

Los volúmenes de estos tipos de arcillas son amplísimos, aproximadamente 55 000 m³, con nuestra tecnología, y los elementos que producimos, podemos emplear solo una parte de esos niveles mezclándolas con arcillas de más alta plasticidad. Considerando el uso de la propuesta del punto anterior podríamos incrementar el consumo de las mismas. También teniendo en cuenta la presencia en el territorio de varios tejares que conforman sus productos de forma manual, otra variante sería el suministro de estas materias primas principalmente para producir Ladrillos macizos y algunos tipos de Losas de piso, así como "barro Guamá" en la construcción de los Hornos criollos.

Tabla N° 2.6 Pozos con arcillas *Poco plásticas* y sus características.

# m	# p	Inter. m	Pot. m	Granulometría						CaCO ₃ %	AgP	Tipo
				4,75	2,0	1,0	0,5	0,05	<0,05			
				%	%	%	%	%	%			
470	24	1,0-2,2	1,2	1,2	1,5	8,2	18,8	10,5	59,8	1,6	21,1	PP
471		2,2-3,0	0,8	0,1	0,7	0,9	3,6	46,5	48,2	1,8	18,5	PP
505	25	1,7-2,4	0,7	1,0	3,1	1,2	2,1	34,6	57,9	5,3	20,0	PP
495	26	0,3-2,0	1,7	0,3	0,4	1,0	6,1	45,1	47,0	1,6	19,5	PP
722	63	1,1-3,0	1,9	4,1	0,9	6,1	5,3	25,5	58,0	4,8	15,1	PP
56	67	2,5-3,9	1,4	1,3	2,5	6,8	19,0	13,2	57,1	2,5	21,6	PP

52	68	3,2-3,9	0,7	0,3	1,2	1,6	6,3	33,6	56,9	6,1	19,3	PP
5	69	0,7-2,7	2,0	0	0,3	0,5	2,8	52,6	43,8	2,3	19,6	PP
1	74	0,5-3,0	2,5	0,2	0,4	0,4	1,2	40,8	57,0	2,9	22,0	PP
203	115	2,0-2,9	0,9	1,3	3,3	4,2	9,5	33,7	48,0	5,5	23,5	PP
210	116	0,2-2,7	2,5	0,2	0,2	0,2	0,6	31,4	67,3	3,6	20,1	PP
228	123	0,2-1,2	1,0	0	0,1	0,4	2,3	42,9	54,3	2,4	20,3	PP
232	124	0,1-1,0	0,9	0,4	3,8	5,5	12,5	33,3	44,5	3,0	18,3	PP

2.2. Análisis e identificación y evaluación de los impactos ambientales.

2.2.1. Medidas para evitar o reducir los impactos ambientales durante la explotación del yacimiento.

Introducción.

La evolución de la vida se fundamenta en el equilibrio entre diversos componentes de la naturaleza a que está sometida, en particular por las modificaciones en la composición de la atmósfera y sus efectos. Sus cambios hacen sentir impactos en distintas esferas de la vida.

Los problemas medios ambientales se han ido agudizando a medida que el desarrollo económico ha aumentado en las diferentes regiones del planeta. El hombre siempre se ha preocupado por mejorar sus condiciones de vida, pero ha ignorado el cuidado de su entorno, no ha tenido presente conceptos claros como biodiversidad y desarrollo sostenible. Las excavaciones mineras es uno de los impactos más agresivos que recibe el medio ambiente, trasforma completamente el paisaje y agrede fuertemente los suelos. Cuba, no está ajena a los problemas antes mencionados pero a diferencia de otras regiones del planeta existe, la voluntad del estado de resolverla y dedica esfuerzos y recursos para ese objetivo.

La provincia de Sancti Spiritus a pesar que se han logrado importantes avances, tenemos la erosión de los suelos de las áreas mineras, el área boscosa es muy reducida favoreciendo el aceleramiento de desertificación.

En el **Artículo 41 c) de la Ley de Minas** se expresa: “Todos lo concesionarios están obligados a preservar el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área objeto de la concesión elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades tanto en dichas áreas, como en las áreas y ecosistemas vinculado a aquellos que puedan ser afectados”.

Por eso en este capítulo se identifican los Impactos Ambientales fundamentales que provocan la minería a cielo abierto tanto en el área de explotación como de procesamiento y se proponen las medidas correctoras posibles para mitigar estos impactos.

2.2.1.1 Acciones del Proyecto susceptibles a producir impactos.

- Desbroce
- Destape de la materia prima
- Excavaciones
- Transportación

2.2.1.2. Factores del medio susceptibles de recibir impactos.

Relieve (R)	Flora y vegetación (Fr)
Suelo (S)	Fauna (F)
Paisaje (Pj)	Población (Ph)
Aire (Ar)	Economía (Ec)
Aguas (As)	

2.2.1.3. Relación de las acciones impactantes con los componentes ambientales en riesgo.

Para la confección de la matriz se seleccionaron por una parte los componentes ambientales que serán afectados y por la otra las principales acciones impactantes, en el área donde se ejecutará el proyecto. Como resultado se obtuvieron las acciones que van a tener un efecto mayor sobre el territorio y que componentes sufrirán un impacto mayor.

Tabla N° 2.7 Incidencia de los procesos de explotación en el medio

procesos Factores	Desbroce	Destape	Excavación	Transportación
Relieve (R).	X	X	X	-
Suelo (S)	X	X	X	X
Paisaje (Pj)	X	X	X	X
Aire (Ar)	X	X	X	X
Aguas (As)	X	X	X	-
Flora y vegetac.(Fr)	X	X	-	-
Fauna (F)	X	X	-	-
Población (Ph)	-	X	X	X
Economía (Ec)	-	-	X	X

2.2.1.4. Determinación de los impactos ambientales.

2.2.1.4.1. Relación de los impactos.

➤ En la etapa de acondicionamiento.

1. Reforzamiento de los niveles de fragmentación del ecosistema.
2. Disminución de la calidad visual del paisaje.
3. Pérdida de la cobertura vegetal, con la consiguiente pérdida, de hábitat, muerte de individuos, de las capacidades de refugio, nidificación y alimentación.
4. Empeoramiento de las condiciones microclimáticas del lugar, por emanación de polvo y gases de la combustión de vehículos.
5. Disminución de la capacidad de infiltración, aumento de la escorrentía superficial y de los procesos erosivos.
6. Molestias a la población bajo el radio de acción, por incremento de polvo y ruidos.
7. Disminución de la calidad del sustrato debido a la incorporación de combustibles y aceites por deficiencias mecánicas en los equipos pesados.
8. Optimización de materiales a utilizar en el proceso de restauración de área.
9. Aumento de los gastos por concepto de combustible, lubricantes y accesorios.
10. Aumento de las posibilidades de incorporación de sedimentos arcillosos a la red hidrográfica.

➤ En la etapa de explotación.

1. Reforzamiento de los niveles de fragmentación del ecosistema.
2. Disminución de la calidad visual del paisaje

4. Empeoramiento de las condiciones microclimáticas del lugar, por emanación de polvo y gases de la combustión de vehículos.
5. Disminución de la capacidad de infiltración, aumento de la escorrentía superficial y de los procesos erosivos.
6. Molestias a la población bajo el radio de acción, por incremento de polvo y ruidos.
7. Disminución de la calidad del sustrato debido a la incorporación de combustibles y aceites por deficiencias mecánicas en los equipos pesados.
9. Aumento de los gastos por concepto de combustible, lubricantes y accesorios.
10. Aumento de las posibilidades de incorporación de sedimentos arcillosos a la red hidrográfica.
11. Estabilidad en las fuentes de empleo en los tejares.
12. Aumento de las disponibilidades de materia prima para la industria de materiales de la construcción.

2.2.1.4.2. Evaluación de los impactos ambientales.

La importancia de los impactos ambientales se valora, de acuerdo a parámetros indicativos, conforme a una matriz que analíticamente expresa el resultado de una proyección de significación de dichos impactos, mediante los indicadores de evaluación y las categorías correspondientes.

Tabla N° 2.8 Indicadores para la evaluación de los impactos.

Indicador	Valoración
Carácter (C)	+ positivo - negativo
Magnitud (M)	Baja (1) media (3) alta (5)
Extensión (E)	Puntual (1) local (3) Regional (5)
Duración (D)	Momentánea (1) Temporal (3) Permanente (5)
Reversibilidad (R)	Reversible(1)Poco Reversible(5)Irreversible(5)
Posibilidad de corrección (PC)	Posible (1) poco posible (3) Imposible (5)
Tipos de impacto (T)	Directos (D) Indirectos (I)
Proximidad a la fuente (PF)	Alejado (1) Medio (3) Cercano (5)
Tendencia del impacto (TI)	Disminuir (1)Mantenerse(3) Incrementarse (5)
Incertidumbre (I)	Poco probable (1) probable (3) Seguro (5)
Aparición (A)	Alargo plazo(1) Acorto plazo(3) Inmediato(5)
Importancia = 3 (M) + 2 (E) + (A) + (D) + (R) + (PF) + (TI) + (I) + (PC)	
(Imp < 30) Débil (30 ≤ Imp ≤ 40) Moderado (Imp > 40) Severo	

Tabla N° 2.9 Tabla de la evaluación de los impactos.

Impact	Indicadores												Imp	Eval
	C	M	E	D	R	PC	T	PF	TI	I	A			
1	-	◆	○	◆	○	○	D	●	●	●	●	36	M	
2	-	◆	○	●	●	◆	D	●	◆	●	●	42	S	
3	-	●	○	◆	○	○	D	●	◆	●	●	40	M	
4	-	◆	○	◆	○	○	D	●	●	●	●	42	S	
5	-	○	○	◆	○	○	D	●	●	◆	●	42	S	
6	-	○	◆	◆	○	○	D	●	●	◆	●	32	M	
7	-	●	◆	◆	○	○	D	●	●	◆	○	28	D	
8	+	○	◆	◆	●	●	D	●	●	●	●	54	S	
9	-	●	●	◆	●	●	D	●	◆	●	●	56	S	
10	-	◆	○	◆	○	○	D	●	●	●	●	36	M	
11	+	◆	●	◆	●	●	I	◆	◆	●	●	48	S	
12	+	●	●	◆	○	●	I	●	●	●	●	54	S	

Simbología: ● Máximo (5) ◆ Moderado (3) ○ Mínimo (1)

En esta tabla se presentan los resultados de la evaluación de los impactos ambientales, como puede observarse, nueve de ellos tienen un efecto negativo sobre el medio ambiente y tres son positivos. Del total de impactos siete se comportan como severos, seis como moderados y uno como débil.

2.2.1.5. Medidas Correctoras.

1. Debe evitarse durante las acciones de desbroce, utilizar un área mayor que la estrictamente necesaria, para evitar la creación de superficies desnudas excesivas, las que favorecerán los procesos erosivos y el desarrollo posterior de comunidades integradas por especies de plantas invasoras, provocando efectos negativos, tanto en las condiciones microclimáticas de la localidad, como en la calidad del paisaje.
2. Mantener el correcto estado técnico de los equipos mineros y de transportación, reduciendo al mínimo los derrames de combustibles y aceites; favoreciendo además el ahorro de portadores energéticos.
3. Mantener el buen estado de la zanja del drenaje pluvial, contribuyendo así, al correcto funcionamiento para lo cual fue diseñada.
4. Asociado a la zanja colectora, de las aguas pluviales, debe construirse un pozo de decantación, disminuyendo con ello, el escape de sedimentos al afluente. Debe ser limpiado con la periodicidad que exige la capacidad de carga de su funcionamiento.
5. En la escombrera no se deben almacenar, materiales ajenos al área y a la actividad minera, tales como: chatarra, neumáticos discontinuados, aceites lubricantes, objetos de plástico no biodegradable, etc. Esto permitirá lograr la compatibilidad entre el material de relleno y la rehabilitación o restauración planificada.
6. En la transportación del material deben emplearse cubiertas y los camiones destinado a ello deberán estar habilitados con una tapa trasera, para impedir que en el trayecto se esparzan las partículas.

7. Todo accesorio mecánico resultante de la reparación o arreglo de los equipos mineros o de transportación, deberá ser retirado inmediatamente después de culminadas tales acciones.
8. El yacimiento debe poseer un plan de rehabilitación bien concebido.
9. Todo el material, resultante del desbroce y el descortezado, debe almacenarse en la escombrera, con el objetivo ser utilizado en el proceso de restauración planificado.

CAPÍTULO III. PERFECCIONAMIENTO DE LA PROPUESTA ACTUAL DE EXPLOTACIÓN

3.1. Fundamentación del sistema de explotación.

Cuando se establece el sistema de laboreo de un yacimiento se esta estableciendo de hecho el método y el orden en que se deben ejecutar los trabajos mineros preparatorios de extracción de la materia prima y del material estéril.

Con el sistema de explotación que se establezca se debe garantizar que todos los trabajos mineros se realicen racionalmente, que la extracción de la materia prima sea planificada y eficiente, garantizando además los planes de extracción previstos.

Antes de determinar el sistema de explotación a emplear debemos proceder a clasificar el yacimiento:

- Por el relieve de superficie: **de terreno llano.**
- El yacimiento por su buzamiento: **horizontal.**
- En dependencia de la situación con respecto a la superficie: **de tipo superficial.**
- Por su estructura: **simple.**
- Por la distribución de la calidad del material útil: **heterogéneo por la distribución, pero homogéneo dentro de cada tipo.**
- Por la potencia de la capa útil: **de alta potencia útil.**
- Por la potencia de la capa de estéril: **de poca potencia de estéril.**
- Por el coeficiente de escombreo: **de bajo coeficiente de escombreo.**
- Por las reservas de roca útil: **de altas reservas útiles.**
- Por la presencia de agua: **a lo secos, hasta la cota especificada y en la época de seca.**

3.1.1. Elección del sistema de explotación.

Después de realizada la clasificación del yacimiento y analizadas las condiciones que tiene el yacimiento en la actualidad y, además, tomando en consideración los factores técnicos organizativos, podemos concluir que el sistema de explotación que debemos emplear es el *Método a cielo abierto de tipo superficial*. Para la realización de los trabajos de extracción de la materia prima se prevé el uso de un sistema de laboreo propio para estos tipos de yacimientos en los cuales es necesario realizar trabajos de extracción y carga de la materia prima. Teniendo en cuenta lo anterior se determina utilizar un *Sistema de laboreo longitudinal de un borde con escombrera exterior*.

La explotación se realizará de Sur a Norte en un solo frente, aproximadamente de la cota + 42,0 m hasta la cota + 38,0 m SNM, es decir la potencia a explotar es de 4,0 m.

3.1.2. Elementos del sistema de explotación.

Los elementos del sistema de explotación son:

- Altura del escalón.
- Ángulo del talud del escalón de trabajo.
- Ancho de la plazoleta de trabajo.

- Altura del escalón, en su determinación se tiene en cuenta:
 - Las propiedades físico-mecánicas de las rocas.
 - Las características geológicas del yacimiento.
 - La yacencia del agua subterránea.

- Los parámetros de operación de los equipos mineros.
- El sistema de trabajo a utilizar.
- La productividad de la cantera.

Se decidió tomar como *altura óptima del escalón* 4,0 m.

- Ángulo de inclinación del talud, en su determinación se tiene en cuenta:
 - Las características de la materia prima.
 - Las propiedades físico-mecánico de la roca útil.
 - Las medidas de seguridad.

En dependencia de todo esto se asume como *ángulo de inclinación del talud* valores inferiores a 30 °, ya que la estabilidad del material útil y el estéril es pobre.

- Ancho de la plazoleta de trabajo, dependiendo de:
 - Las características geológicas del yacimiento.
 - Las características necesarias de la materia prima.
 - Los parámetros de operación de los equipos mineros.

La plataforma de trabajo se ubica en el nivel + 42,0 m, la cota de fondo será + 38,0 m y tendrá un *ancho* de 10,0 m y un largo de 30,0 m.

3.1.3. Equipos de perforación o extracción, carga y transporte del material.

En este yacimiento no se prevé el uso de equipos de perforación durante los trabajos de extracción.

Para los trabajos de extracción, se emplearán como equipos fundamentales: el Buldózer, que tendrá la función de ir arrancando la arcilla para formar las pilas de material útil, el Cargador frontal para la carga de la materia prima, y los Camiones de volteo para el transporte. Para la extracción de la capa vegetal se utilizará fundamentalmente el Buldózer, y en caso necesario los otros equipos.

3.1.4. Esquema de preparación de nuevos horizontes.

Con el mismo proceso de extracción ya van quedando parcialmente preparados los nuevos horizontes, solamente habría que ir perfilando en la apertura: el drenaje y los caminos o trincheras de acceso y corte, según sea el caso, y luego se continuará con la explotación normal.

3.1.5. Métodos de extracción del mineral útil.

El método es el siguiente: primeramente se arrancará la capa vegetal depositándola en la escombrera con el mismo buldózer y posteriormente se irá arrancando el material útil **por medio de canteras aisladas por tipo tecnológico**. La extracción de la materia prima debe irse realizando por paños de 10,0 m de ancho x 30,0 m de largo.

Durante los trabajos de extracción la capa vegetal no se utilizara con fines industriales pero jugara un papel importante en el proceso de rehabilitación de área.

La forma de extracción empleada tradicionalmente en nuestra región, de acuerdo a: las características de nuestros yacimientos, el mínimo envejecimiento empleado, la carencia de una instalación de preparación de materia prima y a los productos a elaborar, es la de extraer las materias primas *Muy Plásticas* (25 %) y *Plásticas* (75%) para conformar una

mezcla con una plasticidad adecuada para la fabricación de Tejas criollas, Losas de azotea y Tubos sanitarios; y una mezcla de arcillas *Plásticas* (50 %) y *Poco Plásticas* (50 %) para los Ladrillos macizos. Estas mezclas se han realizado teniendo en cuenta la experiencia práctica de nuestros trabajadores y técnicos y, además, utilizando las posibilidades de conformación de mezclas del Diagrama de Winkler. También se extrae un volumen menor de arcilla *Muy Plástica* para puntualmente, ya en los establecimientos, dar la posibilidad de rectificar las formulaciones y, también, de acuerdo a alguna producción específica.

Es nuestro criterio, debido a la heterogeneidad de la distribución en el yacimiento de los distintos tipos de arcillas, realizar la extracción inicialmente según lo expuesto en el primer párrafo de este acápite y, siempre que las características puntuales lo permitan, conformar las pilas de acuerdo al sistema tradicional. Es decir una combinación de ambos sistemas, por las ventajas prácticas y los resultados históricos.

3.1.6. Orden de los laboreos.

Con el objetivo de cumplir con las exigencias que se plantea en la explotación de los yacimientos a cielo abierto y atendiendo a las condiciones en que se encuentran, se traza una secuencia de trabajo - Plan calendario - para poder garantizar que todas las actividades se puedan cumplir, logrando que la explotación del yacimiento sea lo más racional posible.

La productividad de la cantera permanecerá constante durante los primeros 5 años de explotación, la cual se estima aproximadamente en 15 000 m³ anuales. La dirección de avance del frente es de Sur a Norte. El destape a realizar será de 0,20 m y el material útil tendrá una potencia de 3,50 m, valores que dependerán de las características específicas del proceso de explotación. Inicialmente en la apertura del yacimiento hay que conectar

la vaguada o cañada natural, mediante un canal, con la zona donde se comenzará la extracción del mineral. La explotación del mineral se prevé realizar en la categoría de *Recursos medidos + indicados* en los bloques IBB, 10C₁B y 11C₁B. El cálculo de los equipos mineros de extracción y carga se ha realizado teniendo en cuenta la productividad de la cantera. En la extracción de la capa vegetal y del mineral útil se empleará un Buldózer, luego se realizará la carga del material con un Cargador frontal y el transporte a los Establecimientos con dos Camiones de volteo.

- **Primer año de explotación:**

Las extracciones de la materia prima en el primer año de explotación se realizarán dentro de la concesión minera y del bloque 1 BB y 11C₁B.

Tabla N° 3.1 Extracciones de la materia prima en el primer año de explotación

Bloque	Escombrera			Extracción materia prima		
	Potencia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Potencia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
1 BB	0,20	3 433,5	686,7	3,51	3 433,5	12 051,6
11 C ₁ B	0,16	84,0	13,4	3,84	84,0	322,6

La cantidad de equipos necesario para acometer estos trabajos será.

Tabla N° 3.2 Propuesta de los equipos a utilizar

Denominación de equipos	Cantidad
Buldózer	1
Cargador frontal	1
Camiones de volteo	2

- **Segundo año de explotación.**

Al igual que en el año anterior las extracciones se realizaran en la misma dirección Sur – Norte y dentro del bloque 1BB que es el que está concesionado, según lo calculado en la productividad anual de la cantera las extracciones estarán por los 15 000 m³

Tabla N° 3.3 Extracciones de la materia prima en el segundo año de explotación

Bloque	Escombrera			Extracción materia prima		
	Potencia (m)	Área (m²)	Volumen (m³)	Potencia (m)	Área (m²)	Volumen (m³)
1BB	0,20	3 509,0	701,8	3,51	3 509,0	12 316,6
11C ₁ B	0,16	864,0	425,6	3,84	864,0	3 317,8

La cantidad de equipos necesario para acometer estos trabajos será.

Tabla N° 3.4 Propuesta de los equipos a utilizar

Denominación de equipos	Cantidad
Bulldózer	1
Cargador frontal	1
Camiones de volteo	2

- **Tercer año de explotación.**

En este año la explotación continuaran la misma dirección Sur – Norte y dentro del bloque 1BB.

Tabla N° 3.5 Extracciones de la materia prima en el tercer año de explotación

Bloque	Escombrera			Extracción materia prima		
	Potencia (m)	Área (m²)	Volumen (m³)	Potencia (m)	Área (m²)	Volumen (m³)
1BB	0,20	4 500,0	900,0	3,51	4 500,0	15 795,0

La cantidad de equipos necesario para acometer estos trabajos será.

Tabla N° 3.6 Propuesta de los equipos a utilizar

Denominación de equipos	Cantidad
Bulldózer	1
Cargador frontal	1
Camiones de volteo	2

- **Cuarto año de explotación.**

Por las características del yacimiento se continuaran los trabajos en la misma dirección Sur – Norte y dentro del bloque 1BB.

Tabla N° 3.7 Extracciones de la materia prima en el cuarto año de explotación

Bloque	Escombrera			Extracción materia prima		
	Potencia (m)	Área (m²)	Volumen (m³)	Potencia (m)	Área (m²)	Volumen (m³)
1BB	0,20	4 600,0	920,0	3,51	4 600,0	16 146,0

La cantidad de equipos necesario para acometer estos trabajos será.

Tabla N° 3.8 Propuesta de los equipos a utilizar

Denominación de equipos	Cantidad
Buldózer	1
Cargador frontal	1
Camiones de volteo	2

- **Quinto año de explotación.**

Los trabajos de extracción y carga de la materia prima se realizarán de forma similar a los años anteriores en la dirección Sur – Norte en el bloque 1BB

Tabla N° 3.9 Extracciones de la materia prima en el quinto año de explotación

Bloque	Escombrera			Extracción materia prima		
	Potencia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Potencia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
1BB	0,20	4 500,0	900,0	3,51	4 400,0	15 444,0

La cantidad de equipos necesario para acometer estos trabajos será:

Tabla N° 3.10 Propuesta de los equipos a utilizar

Denominación de equipos	Cantidad
Bulldózer	1
Cargador frontal	1
Camiones de volteo	2

3.1.7. Construcción de escombreras.

Las escombreras en este yacimiento son de carácter temporal, en ella se depositará la capa vegetal extraída durante los dos primeros años de la explotación, pues este material estéril se utilizará en la recultivación del mismo. Estos depósitos se ubicarán dentro de los límites de la Concesión minera - sin afectar los *Monumentos* de los vértices - en el lado Este del área de explotación. Se trasladarán y apilarán con el Buldózer, ocupando una franja de 5,0 m de ancho, y así evitamos tener que utilizar equipos de carga y transporte. En los años posteriores, mientras se realice la extracción y conjuntamente con ella, con el material de destape se irán sellando y recultivando las áreas explotadas.

3.1.8. Desagüe de la cantera.

Para elegir el método de desagüe de la cantera que se empleará hay que analizar un grupo de factores:

- Topografía del terreno.
- Características del material que se localiza en la cantera.
- Estructura geológica del yacimiento.

Las reservas que se plantean extraer, están localizadas por encima de la cota del nivel freático, por tanto solamente es necesario desaguar las aguas producto de las precipitaciones, por un canal de desagüe situado al SurOeste de la Concesión, con una pendiente de 2 % al piso de la cantera, hasta una vaguada o cañada que entronca al río Yayabo que se encuentra al Sur.

CONCLUSIONES.

1. Se logró perfeccionar el proyecto de explotación de la cantera Arcilla III A en función de las propiedades tecnológicas para suministrar con la calidad requerida el volumen de materia prima.
2. Las propiedades geólogo-mineras y tecnológicas de los recursos del Yacimiento Arcilla Zona III-A son adecuadas para nuestras producciones, fundamentalmente preparando mezclas de los diferentes tipos de materias primas.
3. Se lograron minimizar las afectaciones que provoca la explotación del yacimiento al medioambiente, con la aplicación de las medidas correctoras.

RECOMENDACIONES.

1. Seguir insistiendo en la necesidad de lograr el envejecimiento de las materias primas y en la instalación de una Planta de preparación primaria.
2. Mejorar la molienda secundaria en nuestros establecimientos para poder utilizar las diferentes materias primas que contienen concreciones de CaCO_3 .
3. Analizar la extracción de material útil por debajo de las cotas fijadas preliminarmente, puesto que existen volúmenes apreciables de excelente calidad, cuya explotación puede ser adecuadamente ejercida con el posterior tratamiento de sus impactos.
4. Utilizar algunos recursos no condicionados en otras producciones de nuestra Empresa.
5. Evaluar las acciones a realizar ante el posible aumento de la demanda de las materias primas del yacimiento teniendo en cuenta la reestructuración de la economía del país.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Ley No 76/1995. Ley de Minas.
2. Decreto No 222/1997 .Reglamento de la Ley de Minas.
3. Ley No 81/1997 de Medio Ambiente.
4. Resolución 77/99 Reglamento del Proceso de Evaluación de Impactos Ambientales.
5. Informe Exploración, Orientativa y Detallada Arcilla Sancti Spíritus Zona III A.
6. Proyecto de Explotación del Yacimiento Arcilla Zona III A, Sancti Spiritus.
7. Actualización del Proyecto de Explotación Arcilla Zona III A, Sancti Spiritus. Diciembre 2006.
8. Cursos y conferencias del Diplomado Básico Explotación de Yacimientos Minerales para Materiales de Construcción.
9. Ares, P. (1998): El trabajo grupal. Colección Educación Popular No 3. La Habana.
10. Fernández Abajo, Marcelino. “Manual sobre fabricación de Baldosas, Tejas y Ladrillos”. Editorial Beralmar. Junio 2000.

11. Hernández Sampier, R. (2004): Metodología de la Investigación, Tomo 1 y 2. Editorial Félix Varela. La Habana.

12. Sitios Internet:

- <http://revista.ismm.edu.cu./index.php/revistamg/article/view/142>
- <http://www.ecured.cu>
- <http://www.fundacionypf.org.ar/publicaciones/tierra>