

*Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Construcciones*



Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Civil

Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de las canteras Santa Catalina, El Satélite, la Cochiguera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita.

Autor: Yasmany Zamora Carnet

Tutores: Ing. Liset León Consuegra

MSc. Ing. Ovidio Rodríguez Rodríguez

Matanzas, 2020

PENSAMIENTO

"TODOS LOS HOMBRES COMETEN ERRORES, PERO SOLO LOS SABIOS
APRENDEN DE SUS ERRORES"

WINSTON LEONARD SPENCER CHURCHILL

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declare que (**Yasmany Zamora Carnet**) soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

_____	_____	_____
Presidente	Secretario	Vocal

DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRABAJO A MI FAMILIA, EN ESPECIAL A MI MADRE, MI PADRE Y MI HERMANO,
POR BRINDARME EL APOYO NECESARIO PARA CULMINAR MI CARRERA.

A TODOS MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIOS, ESPECIALMENTE A ADA ISABEL DURÁN VIENES
POR SER COMO DE MI FAMILIA.

A MIS PROFESORES DE CADA UNO DE LOS AÑOS TRANSCURRIDOS, ESPECIALMENTE A MIS
TUTORES LISET LEÓN CONSUEGRA Y OVIDIO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ.

AL PROFESOR MANUEL PEDROSO MARTÍNEZ POR EXIGIRNOS TODO NUESTRO ESFUERZO
CADA AÑO Y APOYARNOS EN TODO EL TRANCURSO DE LA CARRERA.

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO A MIS PADRES Y A MI HERMANO POR EL APOYO QUE ME BRINDARON EN LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE TRABAJO.

A MIS TUTORES LISET LEÓN CONSUEGRA Y OVIDIO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ POR BRINDARME SU TIEMPO, ESFUERZO Y CONOCIMIENTOS DE FORMA INCONDICIONAL Y AMABLE.

A TODOS MIS PROFESORES QUE DE UNA FORMA U OTRA ME APORTARON SUS CONOCIMIENTOS EN LA REALIZACIÓN DE MI TRABAJO DE DIPLOMA.

A MIS COMPAÑEROS DE AULA POR EL TIEMPO COMPARTIDO LOS MALOS RATOS Y LOS MOMENTOS DE ALEGRÍA.

A MIS AMIGOS, ESPECIALMENTE A DAYANA, ENRIQUE, ADA ISABEL Y A SU FAMILIA QUE ME ADOPTARON COMO UN HIJO Y NOS APOYARON DURANTE TODA LA CARRERA.

RESUMEN

El canto es un material pétreo encontrado en la mayor parte de la provincia de Matanzas, el cual es explotado de forma artesanal para su utilización como material de construcción. La abundancia del material lo convierte en una opción viable y económica para el desarrollo de la construcción en la provincia. El uso del canto como material de construcción está ampliamente generalizado en la provincia, incrementando su utilización por factores como la falta de materiales de tabiquería, como el bloque, facilidad de obtención, relativa economía del mismo y su buena capacidad de cubrir más área que un bloque de hormigón. Por su extendida implementación en la provincia la Empresa Provincial de Materiales de Construcción ha suscitado una evaluación de las propiedades físico-mecánicas del canto para su utilización como material de construcción. Las muestras a evaluar serán de diferentes municipios de la provincia, teniendo como objetivo las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiguera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita a las que se le realizará la evaluación utilizando métodos experimentales. A las muestras se le realizaron pruebas físicas como la medición de sus dimensiones y la medición de su peso específico, realizándose de igual modo pruebas mecánicas tales como absorción de agua, resistencia a compresión y flexión. Utilizando diferentes normas como la NC 247-2010 “Bloques huecos de hormigón. Especificaciones” y la NC 54-252-1983. “Determinación de la resistencia a flexión de las rocas”. Esperándose que las propiedades físico-mecánicas de las muestras evaluadas cumplan con los parámetros establecidos en la norma cubanas y por lo tanto se generalice su utilización en la construcción.

Palabras claves: absorción; cantería; compresión; explotación; peso.

ABSTRACT

The song is a stone material found in most of the province of Matanzas, which is exploited in an artisan way for its use as construction material. The abundance of the material makes it a viable and economical option for the development of construction in the province. The use of singing as a construction material is widely generalized in the province, increasing its use due to factors such as the lack of partitioning materials, such as the block, ease of obtaining it, its relative economy and its good ability to cover more area than a concrete block. Due to its widespread implementation in the province, the Provincial Construction Materials Company has led to an evaluation of the physical-mechanical properties of the edge for its use as construction material. The samples to be evaluated will be from different municipalities in the province, targeting the Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas and La Candita quarries, which will be evaluated using experimental methods. The samples were subjected to physical tests such as the measurement of their dimensions and the measurement of their specific weight, and mechanical tests such as water absorption, resistance to compression and bending were also carried out. Using different standards such as NC 247-2010 "Hollow concrete blocks. Specifications "and NC 54-252-1983. "Determination of the flexural resistance of rocks". It is expected that the physical-mechanical properties of the evaluated samples comply with the parameters established in the Cuban standard and therefore its use in construction becomes general.

Keywords: absorption; compression; exploitation; stonework; weight.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	8
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica.....	15
1.1. Introducción.....	15
1.2. Canteras, definición, clasificación y elementos esenciales.....	17
1.2.1. Clasificaciones de las canteras.....	18
1.3. Proceso de extracción de materiales en Cuba.....	20
1.4. Aspectos generales de la cantería.....	21
1.4.1. Definición.....	22
1.4.2. Cantoría a nivel mundial.....	22
1.4.3. Introducción de la cantería en Cuba.....	23
1.4.4. La cantería en Matanzas.....	25
1.4.5. Métodos de obtención del material de cantera y principales herramientas.....	29
1.5. Rocas sedimentarias.....	31
1.5.1. Origen de las rocas sedimentarias.....	31
1.5.2. Procesos sedimentarios.....	33
1.5.3. Composición química y mineralógica.....	34
1.5.4. Rocas sedimentarias, características y usos en la construcción.....	35
1.6. Las Margas definición, tipos y usos.....	39
1.6.1. Tipos de margas.....	39
1.6.2. Formación y componentes químicos de las margas.....	40
1.6.3. Características esenciales de las margas.....	41
1.6.4. Usos de las margas a nivel mundial.....	41
1.6.5. Usos de las margas a nivel nacional.....	42
1.6.6. Uso de las margas en la provincia de Matanzas.....	43
1.7. Conclusiones parciales.....	45
Capítulo 2 Materiales y métodos.....	46
2.1. Ubicación y caracterización de las canteras de estudio.....	46
2.1.1. Cantera Santa Catalina.....	46
2.1.2. Cantera El Satélite.....	46
2.1.3. Cantera Cochiguera.....	47
2.1.4. Cantera Lama I.....	47
2.1.5. Cantera Churumba.....	48
2.1.6. Cantera Cabezas.....	48
2.1.7. Cantera La Candita.....	49
2.2. Trabajos de identificación de las muestras en el laboratorio.....	49
2.3. Estudio del peso específico del canto.....	53
2.4. Determinación de la absorción de agua.....	54
2.5. Determinación de la resistencia a compresión.....	56
2.6. Determinación de la resistencia a flexión de los cantos.....	59
2.7. Resultados esperados.....	62
2.8. Conclusiones del capítulo.....	62
Conclusiones.....	63
Recomendaciones.....	64
Referencias Bibliográficas.....	65

Anexos 68

INTRODUCCIÓN.

Con la aparición del hombre en la tierra y su desarrollo social e intelectual, nace una de las principales ciencias de la humanidad, la construcción. Esta, con el paso de los años, sufrió cambios radicales tanto en las técnicas empleadas como en los materiales empleados. Con la utilización de diferentes tipos de materiales como la madera, el barro, la piedra, el metal entre otros y aprovechando sus características el hombre ha logrado crear la infraestructura de países enteros y dar cobijo a las personas.

Una de las principales funciones de una construcción es aislar y resguardar al hombre de las inclemencias del tiempo (lluvias, temperaturas extremas, vientos, entre otros fenómenos meteorológicos), en lo que juega un papel primordial los materiales con los que estén realizadas las edificaciones.

Uno de los materiales más utilizados es la piedra, la cual se ha implementado de forma rústica, labrada y en la actualidad para la confección del hormigón. El descubrimiento e implementación de la piedra labrada trae consigo uno de los oficios más antiguos de la humanidad, la cantería.

Según Rodríguez (2012) una buena parte de los vestigios que conservamos hoy en día de las comunidades protohistóricas del occidente de la Meseta peninsular están realizados en piedra tallada: sus murallas, el zócalo de sus casas, sus altares rupestres o sus famosos verracos, esculturas de piedra en forma de cerdos las cuales se relacionan con la economía ganadera o utilizados como monumentos funerarios en épocas romanas.

Los canteros comienzan a especializarse cuando el hombre, con fines astronómicos, para adorar a sus dioses o para enterrar a sus muertos, decide comenzar a erigir grandes monumentos, pero solo se comienzan a explotar las canteras a nivel industrial en Egipto, un país en el cual se alcanza un gran desarrollo en el oficio que es continuado por las culturas griega y romana en las que la piedra natural tiene una gran importancia, tanto así que en el siglo I Plinio El Viejo, en uno de sus tres libros de historia natural, dedica todo un capítulo a describir decenas de piedras naturales, sus posibles usos, la forma de obtenerlos (extraerlos de las canteras), y las herramientas necesarias para esto. Es de

destacar que los mismos no varían mucho de los actuales, salvo la incursión de instrumentos metálicos y maquinarias de producción (Hereira 2012).

A lo que agrega Fernández (1996), si es importante conocer la cantería para hacer uso correcto de ella, no lo es menos entender la profunda sabiduría que encierra y transmite su oficio.

El oficio de la cantería llega a América desde el Viejo Continente, mayoritariamente de España, producto de los viajes de colonización. Con el fin de lograr asentarse en las nuevas tierras los colonizadores emplean sus conocimientos de construcción para lograr crear la red infraestructural que sostenga la sociedad destinada a vivir en la zona y toda la red de comercio del Nuevo Mundo.

Nuestro país no ha quedado excepto de este oficio ni de las técnicas utilizadas en una construcción de cantería. La técnica es introducida desde España y la mayor parte de las ciudades en Cuba están construidas mediante esta técnica.

En el siglo XVI, de oriente a occidente, Diego Velázquez, gobernador de la isla realizó la campaña de colonización en términos relativamente pacíficos. De este periplo irregular, que duró varios años - de 1511 a 1515-, nacieron las siete primeras villas coloniales cubanas: Baracoa, Bayamo, Trinidad, Sancti Spíritus, Santiago de Cuba, Puerto Príncipe (hoy Camagüey) y La Habana que, aunque se considera su nacimiento definitivo el 16 de noviembre de 1519, se fundó inicialmente en 1515 (Najarro 2009).

Comenzando de esta forma las primeras construcciones de la Isla, que a lo largo de los años aumentarían en cantidad y belleza pero no siempre suficientes para satisfacer las necesidades de la población.

El sector de la construcción en Cuba desde los últimos años ha enfrentado un continuo y creciente aumento; el cual deviene de causas como el crecimiento poblacional, deterioro del fondo habitacional, demanda de construcciones para el sector del turismo nacional e internacional, así como la construcción, restauración o renovación de obras públicas etc.

Los desastres naturales, la acumulación de años sin el adecuado mantenimiento y rehabilitación, las indisciplinas urbanísticas y técnicas, el deterioro de las capacidades constructivas y el impacto de las tendencias demográficas determinaron que casi el 40% del patrimonio inmobiliario cubano se encuentra regular y malo. Esa tendencia y la creciente demanda de nuevas casas fueron el origen del referido Programa de la Vivienda, considerado un asunto de prioridad gubernamental, toda vez que el acceso adecuado a un hábitat seguro y saludable, aparece reconocido como un derecho constitucional. Aunque en el plan se incluye la recuperación de la industria nacional de materiales para la construcción y la intervención del Estado, más del 60% de las moradas deberán ser construidas por esfuerzo propio y con el desarrollo de la producción local de materiales, la cual debe diversificarse y aumentar, hasta convertirse en la principal fuente de recursos (Fernández et al 2019).

Para nadie es un secreto que el fondo habitacional del país no da abasto a sus pobladores. Diversas iniciativas se desarrollan para solucionar esta problemática: desde las más actuales como las nuevas disposiciones sobre la Política de la Vivienda, hasta las que ya acumulan varios años como los subsidios los cuales prestan una ayuda a los ciudadanos con condiciones desfavorables en sus viviendas. Otra de ellas es el Programa de Producción Local de Materiales de la Construcción, fomentando el auge de variados materiales de construcción en dependencia de las posibilidades de cada provincia.

En reciente visita a Matanzas de Miguel Díaz-Canel, presidente de los Consejos de Estado y de Ministros, se ratificó al sector de la vivienda entre los priorizados, en una situación compleja, resultado del recrudecimiento del bloqueo de Estados Unidos a la nación caribeña. Datos oficiales de la dirección territorial del ramo reflejan que en Matanzas se construyeron hasta la fecha 246 habitables por el plan estatal, 320 por la modalidad de subsidios y 626 por esfuerzo propio, lo que pone al territorio en una situación favorable para incluso sobrecumplir lo previsto en el año número uno de la aplicación de la política. En cuanto a la recuperación por el paso de fenómenos atmosféricos, persisten en Matanzas 82 casos pendientes por el huracán Irma, de un total de seis mil 106, y otros 18 por la tormenta subtropical Alberto, de 475, organismos que afectaron al territorio en septiembre de 2017 y mayo de 2018 respectivamente. Matanzas

ya sobrepasó con amplitud el plan lineal de construcción de viviendas en 2019, debido al sobrecumplimiento en la modalidad de esfuerzo propio, en la cual se pretendían entregar 422 hogares, y actualmente la cifra asciende a más de 900 (Vila 2019).

La materia prima utilizada en el país para el Programa Construcción de Viviendas se obtiene de tres formas diferentes: del balance nacional, es decir, de las reservas del país, en cuya categoría incluyen el cemento, el acero y los electrodos (varillas de soldar); una asignación que ofrece la provincia, sobre todo los áridos y de la producción local las canteras (de canto), por ejemplo, de un territorio en específico (Carmona 2019).

En nuestra provincia las entidades más involucradas en el problema de la vivienda son la Empresa Provincial de Materiales de la Construcción, con un rol protagónico, la cual se encarga del grueso de los recursos indispensables para levantar o arreglar una casa, como bloques, baldosas, cubiertas entre otros.

Matanzas por sus características geológicas tiene la posibilidad de utilizar como material local al canto, un elemento utilizado ampliamente en la confección de las paredes de las viviendas, pero también empleado como cubierta en algunas zonas como el poblado de Cabezas perteneciente al municipio Unión de Reyes, provincia de Matanzas.

Básicamente en la mayor parte de la provincia se puede explotar el material permitiendo esto la creación de canteras en la mayor parte de las localidades de todos los municipios. Dando paso esto a la utilización del canto como material de construcción ya que el empleo de la piedra de cantería es un modo efectivo, simple y económico y por tanto una técnica lógica en cualquier país en vía de desarrollo. Forma parte del patrimonio geológico y está inevitablemente relacionado con los intereses reales y tradicionales de esta provincia.

Situación Problémica:

El uso del canto como material de construcción en nuestro país, a pesar que posee raíces hispánicas, en Cuba ha permanecido hasta nuestros días. Incrementándose su utilización en los últimos años debido a diversos factores como falta de materiales, alto precio de los bloques, facilidad de obtención, relativa economía del mismo y su buena capacidad de

cubrir más área que un bloque de hormigón. Sin embargo, su uso extendido en la provincia de Matanzas ha suscitado una evaluación de sus características como material de la construcción. Este trabajo tiene como propósito: evaluar el canto (un material de construcción existente en el país, pero empleado casi únicamente en nuestra provincia), para proponer posibles formas de utilización, ya que es este un material más económico que los otros elementos de pared empleado en la construcción de viviendas. La relevancia de la investigación es que este elemento puede presentar una opción viable para sustituir al bloque de hormigón como elemento de cerramiento. Aportando un considerable ahorro de cemento en la construcción y reparación de viviendas, abaratando así los costos de la obra.

Problema Científico:

¿Cumplirán con las propiedades física-mecánicas los cantos extraídos de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita?

Objeto de estudio: Cantos extraídos de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita.

Campo de estudio: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas.

Objetivo general: Evaluar las propiedades físico-mecánicas de los cantos de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita.

Hipótesis propuesta: Si los cantos de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita cumplen con las propiedades física-mecánicas podrían utilizarse para la elaboración de viviendas.

Para alcanzar este propósito el autor propone los siguientes **objetivos específicos:**

1. Revisar la bibliografía en lo relativo a la implementación e historia del material analizado, tanto a nivel mundial como regional.

2. Describir el material, los métodos y las normativas utilizadas en la evaluación de propiedades física-mecánicas de los cantos de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiguera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita de la provincia de Matanzas.

3. Analizar los resultados obtenidos de la evaluación de las propiedades física-mecánicas de los cantos de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiguera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita de la provincia de Matanzas.

Para dar respuesta a las preguntas científicas, se plantean las siguientes **tareas específicas**:

1. Revisión de la bibliografía consultada en lo referente al uso del material.

2. Descripción del material, los métodos, y las normativas utilizadas en la evaluación de las propiedades físico mecánicas de los cantos provenientes de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiguera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita.

3. Determinación de los posibles usos de los cantos de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio respecto a las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiguera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita en concordancia con sus propiedades físico-mecánicas.

Métodos de investigación científica.

Entre los **métodos de nivel teórico**:

El **analítico-sintético** se utiliza para el examen bibliográfico y llegar a conclusiones a fin de determinar los diferentes enfoques y criterios relacionados con el objeto de investigación.

El **histórico-lógico** posibilita el establecimiento de las regularidades de la evolución en el tiempo, así como la tendencia actual del problema de investigación.

El **inductivo-deductivo** permite llegar a la generalización de las características más importantes obtenidas del diagnóstico del estado actual de los cantos de las canteras

Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita de la provincia de Matanzas.

Entre los métodos de **nivel empírico**:

La **revisión de documentos** se utiliza, para la recopilación de datos de las propiedades y usos, de los cantos de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita de la provincia de Matanzas.

La **observación**, permitió constatar las características de las canteras.

Pruebas de Hipótesis: Se aplican para determinar si los parámetros de calidad de los cantos cumplen con las especificaciones requeridas.

El trabajo de diploma está estructurado de la siguiente forma:

- Resumen/Abstract.

- Introducción.

- Capítulo 1: Revisión bibliográfica, se dará a conocer los usos, métodos de obtención del canto a través de la historia.

- Capítulo 2: Se describen los materiales, los métodos y las normativas empleadas para la evaluación de las propiedades físicas-mecánicas.

Capítulo 3: Se discuten los resultados obtenidos de la evaluación de las propiedades física-mecánicas de los cantos de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita de la provincia de Matanzas.

- Conclusiones.

- Recomendaciones.

- Bibliografía.

- Anexos.

CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Las inclemencias del tiempo, los ataques de depredadores y la permanente lucha del hombre por dar cobijo a su familia, lo ha impulsado con el paso de los años a desarrollar la forma en que vive, los métodos constructivos y los materiales que ha utilizado. El hombre desde los inicios ha utilizado la naturaleza como fuente de cobijo, las cuevas fueron su principal refugio durante un largo período de tiempo. Con el paso de los años y valiéndose de la observación y la experimentación, fue empleando de manera rudimentaria sus primeros materiales y comprobando como resistían esfuerzos, deformaciones y la humedad. Así, empleó la tierra, la madera, la piedra, la tela y las pieles como sus principales materiales de construcción, desembocando con el tiempo a métodos artesanales con mayor grado de terminación y belleza.

1.1. Introducción.

En este capítulo se fundamentará sobre el significado de la cantería, una caracterización del tipo de roca de la cual se forma el canto y sus principales usos, la forma en que se extrae el material de una cantera, una breve reseña histórica de la introducción de la cantería en el país y por último abordará sobre los esfuerzos realizados por la Empresa Provincial de Materiales de Construcción.

Según Bustillo (2008) los materiales de construcción están íntimamente ligados al desarrollo del ser humano. Han sido utilizados, desde tiempos inmemoriales, para dar cobijo frente a las inclemencias del tiempo (la piedra o la madera), facilitar el transporte de personas o mercancías y servir de base para la construcción de obras de ingeniería.

El cambio de la cueva por la construcción de casas mediante materiales naturales, conllevó al empleo de la tabiquería como principal elemento de aislamiento del medio circundante. Fenómeno que obliga a buscar de manera sistemática y en dependencia de las características de la zona, materiales para su construcción. Los cuales van desde madera, rocas en bruto o labradas, adobe, ladrillos, bloques y en algunos casos telas y pieles. En la actualidad el principal problema es la extracción de las tan necesarias materias primas para la construcción.

El continuo aumento de la población a lo largo de la historia de la humanidad ha sido sostenido por el desarrollo de actividades productivas cuya realidad siempre se tradujo en la explotación de los recursos del planeta, renovables y no renovables. Por otra parte, la gran demanda de recursos básicos para determinadas industrias ha llevado a la escasez de materias primas (López & Medina 2017).

Nuestro país no se ha librado del problema que representa el aumento poblacional que unido a las diferentes catástrofes naturales que azotan la isla empeoran el creciente problema habitacional.

El gobierno cubano a lo largo de la historia de la revolución le ha prestado vital importancia a la construcción tanto para instituciones sociales o en el sector de la vivienda. El ejemplo claro de esta lucha lo da el Comandante en Jefe durante su juicio en Isla de Pinos al exponer el precario problema de la vivienda en Cuba. Actualmente el país no ha dejado el problema de la vivienda de lado y se encuentra enfrascado en el mejoramiento de fondo habitacional.

Manifestándose esta preocupación en los lineamientos del partido en el período 2016-2021 para las construcciones, viviendas y recursos hidráulicos, una respuesta para la solución del problema de la vivienda en Cuba.

Mencionando en el capítulo XI Política para las construcciones, Viviendas y Recursos Hidráulicos, número 228: Continuar perfeccionando la elaboración del balance de los recursos constructivos del país sobre la base de una mayor coordinación con el proceso de planificación de la economía, la preparación de las organizaciones, la descentralización de facultades y un mayor control, incorporando las nuevas formas no estatales de gestión (Lineamientos 2017).

Tratando el problema del programa de la vivienda en el 233 al decir: Mantener la atención prioritaria al aseguramiento del programa de viviendas a nivel municipal, incrementando la producción local y la comercialización de materiales de la construcción, empleando las materias primas y tecnologías disponibles, que permitan aumentar la

participación popular, mejorar la calidad y disminuir los costos de los productos (Lineamientos 2017).

En la búsqueda de respuesta al anterior problema se han buscado fuentes de recursos, existentes desde siempre, que faciliten la obtención de materiales a la población. Enfocando a las canteras dentro de las principales suministradoras de materiales para la construcción como los tan necesitados áridos y otros no tan conocidos a nivel nacional como el canto.

1.2. Canteras, definición, clasificación y elementos esenciales.

Para la extracción de materiales pétreos destinados al sector de la construcción, es necesaria primeramente la localización de una “cantera” que cumpla con las características deseadas. El término “cantera” presenta diversas definiciones de acuerdo a las diferentes profesiones que se realicen en ellas.

Según Luaces (2007), se habla de canteras, cuando se trata de macizos rocosos, la extracción de materiales consolidados se efectúa mediante voladura con explosivos, adoptando grandes medidas de seguridad, para la fragmentación controlada de la roca y la obtención de la materia prima, llamada todo-uno, que pueda ser trasladada hasta la planta de tratamiento.

Este término se utiliza para designar a aquellas explotaciones en las que los materiales que constituyen el yacimiento presentan un alto grado de consolidación. Se trata de macizos rocosos en los que es necesario realizar voladuras controladas para romper la cohesión de la roca y obtener así fragmentos de tamaño tal que sea posible la carga y transporte de los mismos a la planta de tratamiento. Alternativamente a las voladuras se pueden emplear palas provistas de martillos neumáticos (Villanueva 2008).

Otros como González (2017), se refieren a la explotación de los mantos rocosos o formaciones geológicas cementadas donde los materiales se extraen usualmente desde cerros mediante explosiones.

Explotación superficial a cielo abierto de una roca muy bien clasificada y cuantificada, a excepción de las calizas, carbón y metales, donde se refiere a la actividad minera que

produce áridos: rajón, gravas, gravillas, arenas, y otras, que abastecen las necesidades de la construcción; además donde se aplica la más variada tecnología que va desde el pico y la pala, hasta la pólvora y maquinaria de diferente orden (Arellano & Romero 2017).

A lo que coincide Arrey (2013), son unas explotaciones de materiales pétreos abiertas en formaciones rocosas masivas.

Es el sitio de donde se saca piedra, u otra sustancia análoga para obras varias (Luaces 2007). Trabajo a cielo abierto o superficial, o excavación para la extracción de piedra de construcción, carbón, grava o minerales (Pérez 1997).

Basándose en lo anteriormente explicado el autor plantea que una “cantera” son: explotaciones mineras generalmente a cielo abierto, en determinadas zonas donde se encuentran macizos rocosos, explotados mediante explosivos, maquinaria pesada o ligera, para luego ser trasladado a plantas de tratamiento con el fin de procesar y clasificar el material según su granulometría y calidad.

1.2.1. Clasificaciones de las canteras.

Una cantera es un tipo de mina no subterránea. Está ubicada usualmente en una zona que se sabe es abundante en rocas o formaciones rocosas particulares (Rodríguez 2019).

Una cantera tiene muy a menudo una gran concentración de un tipo particular de roca, como por ejemplo piedra caliza, pizarra, granito o mármol. Son la fuente principal de materiales pétreos los cuales constituyen uno de los insumos principales en el sector de la construcción de obras civiles (Rolo 2012).

Las canteras, independientemente del fin con el que se explotan, pueden clasificarse como se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla.1.1 Clasificación de canteras.

CLASIFICACIÓN DE CANTERAS	
Según el tipo de explotación	<p>Canteras a cielo abierto (canteras en laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro).</p> <p>En corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno.</p> <p>Canteras subterráneas.</p>
Según el material a explotar	<p>Canteras de materiales consolidados o rocas.</p> <p>Canteras de materiales no consolidados o sueltos, saprolito, agregados, terrazas aluviales y arcilla.</p>
Según su origen	<p>Canteras aluviales</p> <p>Canteras de roca o peña</p>

En sentido general, en toda cantera, las piedras están dispuestas en bancos paralelos, horizontales y a veces, oblicuos y compuestos de capas aparentemente superpuestas. Las caras horizontales u oblicuas de estos bancos se denominan capas de cantera.

En ciertas piedras es difícil distinguir las capas, y sólo se logra hacerlo una vez labradas. Observando la rotura vertical de la piedra se nota una infinidad de pequeñas vetas paralelas a las capas, a veces casi invisibles.

Es muy importante colocar en las construcciones, las piedras, de modo que la presión que las solicite vaya dirigida lo más normalmente posible a las caras paralelas a las capas de cantera; así, en una pared vertical, por ejemplo, estas capas serán horizontales, porque, si se colocasen las piedras a contra lecho, es decir, si las capas de cantera estuvieran dispuestas verticalmente, las influencias atmosféricas, unidas a la carga, las harían apagarse o caer en laminillas, perdiendo toda cohesión y comprometerían la solidez de la construcción.

1.3. Proceso de extracción de materiales en Cuba.

El proceso de extracción de la actividad minera en las canteras de materiales de construcción, la primera actividad a realizar en estos yacimientos es el desbroce. Con posterioridad se realizan los trabajos de destape, los mismos se pueden ejecutar por medios mecánicos o con perforación y voladura. Luego todo el material estéril que se extrae es depositado en escombreras. De igual forma en la apertura se realiza el laboreo de las trincheras y semitrincheras de acceso al nivel requerido, en las cuales se construyen una serie de excavaciones que pueden ser auxiliares o permanentes, esto permitirá disponer de las reservas listas una vez concluidos estos trabajos. El arranque se realiza después de concluida la etapa de desarrollo, para ello se solicitan los servicios de EXPLOMAT, que son los que se encargan de la perforación y la voladura, para estas actividades se utilizan los siguientes equipos: Carretilla perforadora Rock - 460 PC y Compresor XACH-416. Para la voladura se utiliza la sustancia explosiva Senatel de diámetro 100 mm, 85 mm y 65 mm con un 10% de la carga total y la carga de columna que se usa es ANFO con un 90% de la carga. Como medios iniciadores se emplean detonadores no eléctricos con micro retardo del 1 al 5 y el circuito se realiza con cordón detonante de 3g/m, el mismo se inicia con dos detonadores eléctricos instantáneos, los cuales son activados por una línea maestra eléctrica desde el refugio para artilleros R-1 c. Para la carga de la roca útil a los medios de transporte se utiliza un cargador o una excavadora, dependiendo del yacimiento. Generalmente los camiones dedicados a este traslado del mineral útil son camiones de volteo Kraz 6510 y Belaz 540 con capacidad de la cama de 15 m³ que trasladan la roca ya sea a las tolvas de recepción para su entrada al proceso de preparación mecánica o a las escombreras. La extracción del mineral útil se realiza por el método de la previa fracturación de las rocas con el escarificador del buldócer y su posterior arrastre mediante la cuchilla del mismo para formar pilas de hasta 5 m, para ser cargados por un cargador frontal hacia el camión de volteo rígido, para su transportación hasta el depósito de mineral útil o hacia la planta procesadora. Debido al poco volumen de capa vegetal que aparece, no es necesaria la construcción de escombreras (Montes de Oca & Ulloa 2013).

El proceso de extracción de materiales de una cantera sin importar el tipo que sea, está controlado y legislado por la Legislación minero-ambiental en Cuba la cual dicta en su primer postulado, la Ley 81, Ley del Medio Ambiente, aprobada el 11 de julio de 1997 por el Parlamento Cubano, refleja el reconocido esfuerzo del estado, respecto a la protección del Medio Ambiente, en el marco de una política de desarrollo consagrada a lo largo de seis décadas de transformaciones revolucionarias, tanto políticas como socioeconómicas.

Gracias a la minería para la construcción tanto a nivel nacional como internacional se extraen los principales materiales utilizados en la misma. Materiales como: el árido grueso, el árido fino, el yeso y la puzolana componentes del cemento, la arcilla, piedras ornamentales, entre otros. Dando consigo la creación de materiales un poco más elaborados como el bloque, el ladrillo, elementos prefabricados y otros que no necesitan un alto nivel de elaboración para su puesta en obra como es el caso de las piedras destinadas a la ornamentación y la cantería, poniendo como ejemplo de este último es el canto, elemento que luego de su extracción en cantera se puede poner en obra sin ningún tipo de tratamiento o elaboración intermedia.

1.4. Aspectos generales de la cantería.

El arte de la cantería ha existido desde los comienzos de la humanidad, ampliamente utilizada por civilizaciones como la egipcia y la romana, principalmente en la creación de edificios y obras de arte. Los materiales obtenidos mediante la cantería se han utilizado para la construcción de innumerables monumentos, los cuales producto de la calidad de la piedra tienden a durar cientos de años, catedrales y ciudades de una amplia variedad de culturas.

En este oficio, la materia prima utilizada es la piedra, con una variación en su procedimiento y en los utensilios empleados, dependiendo de su solidez, fragilidad, estructura geológica, y también si es de grano grueso o fino.

1.4.1. Definición.

La palabra cantería es empleada para referirse al arte de labrado en piedra de construcción. Las personas dedicadas a esta labor se les conoce como: canteros, tallistas, labrantes, cabuqueros o entalladores (González 2019).

La palabra cantería hace referencia al oficio y arte de labrar la piedra para su empleo en construcciones (López et al. 2017). Entiéndase por piedra de cantería, canto, sillar o bloque aquellas variedades de rocas que pueden ser dimensionadas según los requerimientos constructivos o decorativos, principalmente por medios artesanales lo que redundaría en su bajo costo de explotación y fácil aprovechamiento por parte de la comunidad. Su carácter decorativo está dado por un hecho cultural a partir de la tradición, moda, estética y en dependencia de su color, textura, vetas, dibujos, más que por sus características tecnológicas (absorción, resistencia a la flexión y a la compresión) (Ortega & Millar 2014).

Según Fernández (1996), la cantería es un arte de construir provisto de lenguaje propio y riguroso.

Entendiéndose por cantería según el autor, al trabajo de labrar de forma artesanal la piedra extraída de la cantera en forma de sillar. Obteniendo artesanías o bien elementos para la construcción a bajos precios.

1.4.2. Cantería a nivel mundial.

A pesar de que hoy en día ya la técnica de la cantería está prácticamente en desuso, no podemos dejar de notar que el arte de la cantería se mantiene presente en casi la totalidad de los países del mundo, observándose en las construcciones más antiguas de cada nación.

Al hablar de la calidad y el uso masivo de la técnica de la cantería, no sería posible sin mencionar a una de las civilizaciones más antiguas del mundo, la cual se especializó tanto en este arte que pese a las limitaciones logró conquistar los cielos de su época elevando del suelo magnificas pirámides.

Los egipcios eran maestros en el arte de labrar la piedra para convertirla en enormes monolitos cuyo peso medio es de dos toneladas y media por bloque, aunque algunos de ellos llegan a pesar hasta sesenta toneladas. Originalmente estaba recubierta por unos 27.000 bloques de piedra caliza blanca, pulidos, de varias toneladas cada uno. Sin duda una proeza tanto física como intelectual.

No solo los egipcios lograron crear magníficas estructuras mediante la cantería, levantado en mármol blanco y arenisca roja con una altura aproximada de sesenta metros, se alza en las tierras de la India el Taj Mahal. Su increíble arquitectura y su fina terminación dan a entender una exquisita técnica en la elaboración de los elementos de cantería. Coronando la magnífica estructura se alza una cúpula de veinte metros de diámetro y veinticinco de altura que da la perfecta terminación a una majestuosa joya de la arquitectura.

Haciendo alarde de su hermosura se encuentran obras como las estatuas de las Isas de Pascua, Angkor Wat, Borobudur, Persepolis, el Partenón, la catedral de Chartres, Santa Sofía, la Mezquita Azul, entre otras.

Nuestros aborígenes tampoco quedaron exceptos de esta técnica, quedando demostrado con la construcción de la ciudad de Tenochtitlán, Tlatelolco, Tiahuanaco, entre otras que demuestran el conocimiento del oficio de tallar la piedra.

Aunque nuestro país no construyó grandes edificaciones en su etapa primitiva, con la llegada de los españoles, florecerá este arte, el cual permanecerá hasta nuestros días.

1.4.3. Introducción de la cantería en Cuba.

A lo largo de la historia de la humanidad, todas las grandes civilizaciones han mejorado su técnica constructiva, pasando desde la construcción con piedra en bruto, madera, arcilla, estuco, piedra labrada hasta llegar a las construcciones tal y como la conocemos en la actualidad.

Hasta la llegada de la cultura occidental hace unos 500 años atrás, la explotación de los recursos minerales que efectuaban los indios taínos, pobladores de Cuba, tenía un carácter circunstancial y de bajo impacto, aprovechando las rocas duras, arcillas y otras

en la medida de sus necesidades, constituyendo una actividad artesanal o de pequeña minería. Teniendo como principal obra de vivienda las casas de madera y paja, hechas a modo de campana, por lo alto, angostas y abajo anchas. Capaces para albergar gran cantidad de personas, con un respiradero en lo alto para la salida del humo y encima unos caballetes o coronas muy bien labradas y proporcionadas.

Sobre nuestros indios taínos planteaba el ilustre literato y antropólogo cubano Fernando Ortiz (1950) fueron los arquitectos urbanistas de los indios taínos quienes en sus pueblos construyeron la típica plaza rectangular, llamada por ellos batey, para sus religiosos ritos agrarios, los conquistadores para la construcción de los edificios de los ingenios, acudieron a los sapientes técnicos de la arquitectura peculiar de estas islas y durante siglos aquí se fabricaron bohíos para barracones, laboratorios, almacenes y viviendas, según las reglas que se recibieron de aquellos aborígenes, aun hoy día, buena parte de nuestra población agraria se construye con el arte arquitectónico de los indios, que es vivo, vigoroso, trascendente y económico arte popular, aunque no se estudia en escuelas ni universidades.

A medida que se comienza a poblar la Isla es necesaria la creación de una infraestructura con el fin de dar cobijo a los pobladores, así como crear edificios públicos y de carácter militar. De esta forma comienza en el país la extracción de materiales pétreos con el fin de utilizarse en la construcción. La utilización de la cantería como principal tecnología de construcción no es más que la puesta en práctica de la forma más comúnmente utilizada por los nuevos pobladores, traída desde su país y adaptada a las condiciones climáticas, geográficas y sobre todo con la utilización de los materiales existentes en las zonas de asentamiento.

La cantería en Cuba tiene sus comienzos con la llega de los españoles a la Isla, desarrollando en el marco de la minería, primeramente, la extracción de oro. Las primeras Villas se asentaron en lugares donde existían rocas calizas para fabricar la cal y sillería, arcillas de primera calidad y bosques maderables. Por supuesto, las construcciones en cada localidad se adaptarían a los materiales que más fácilmente podían arrancar a la naturaleza.

Hasta el siglo XIX en Cuba prácticamente toda la piedra que se empleó fue la de sillería. Las canteras que existían cercanas a las zonas más antiguas se habían ido cegando con el crecimiento urbano y el relativo mejoramiento de los caminos permitió buscarla a mayores distancias (Cuevas 2001).

A principios del siglo XIX las obras de cantería, o sea, la labra de los sillares se realizaba tosca y correspondía al albañil darle terminación a las juntas, jambas y capiteles, el cual revestía con revoques de mortero de cal y arena las paredes de los muros de sillería de los edificios, con lo que quedaba oculto el mayor valor y mérito de los edificios llamados de cantería (Cuevas 2001).

El estado actual de la cantería en Cuba no ha sufrido grandes cambios en la actualidad, podría decirse que, respecto al tema, tenemos un atraso considerable ya que no se ha promovido la utilización de maquinaria ni la implementación de técnicas de industrialización. Manteniéndose, como hace siglos, una extracción del material en forma totalmente artesanal, donde en algunas canteras, el trabajador tiene que eliminar por medios propios la capa de roca dura que cubre el material laborable, trabajo que tienen que realizar los buldócer.

Observándose la mayoría de los cambios en el tipo de material extraído, que ha pasado de ser de rocas duras a unas más blandas como lo son las margas que extraen los canteros hoy en día. Las técnicas y herramientas no han tenido grandes cambios, evidenciándose mayormente el uso de neumáticos viejos para evitar la rotura del sillar cuando es extraído del suelo, el uso de la barreta para empujar el sillar a modo de palanca, utilización de embaces para la acumulación de agua con el fin de facilitar el corte y algunos menos evidentes como trozos de baterías de autos utilizados como marcadores para trazar el corte y evidenciar a quien le pertenece el canto extraído.

1.4.4. La cantería en Matanzas.

Entrevistas realizadas a personalidades matanceras como el historiador y el conservador de la ciudad, brinda una idea aproximada de la utilización de la cantería en la ciudad de

Matanzas. A si como ejemplos destacados de la arquitectura matancera realizados en esta forma de construcción.

Según Vento (2020), hay que partir de que la zona de Matanzas es una región eminentemente cálcica, excepto dos áreas que tienen antigüedad cretácica al sur de Cantel y el basamento del Valle Del Yumurí que es cretácico, el resto es cálcico. Zonas que tienen distintos tipos de caliza. Existen formaciones muy blandas como es el caso de las que se extraen la cal y margas, la formación Canimar, la formación Jaruco que son calizas que tienen una formación y edad geológica diferente y en consecuencia tienen durezas diferentes. Posiblemente la primera cantera que se explota es la cantera de la cual se sacan los cantos para la construcción del Castillo de San Severino y esa cantera presumiblemente, estuviera cerca del Castillo ya que todavía puede verse un área cercana al Castillo donde se aprecia la explotación del material, cantera que dejo de explotarse. Hay una cantera que se explota desde principios del siglo XX que está en la zona del Cocal, se explotó cantera en Unión de Reyes las cuales tienen un canto de gran dureza, pero también se explotaron canteras en San Francisco que es un canto blando. Se explotó también en la zona cercana a Bella Mar la cual estaba situada en lo que es hoy la carretera de Bellamar y lo que es la carretera de circunvalación que empata la circunvalación con la carretera central, cerca de donde está el Combinado del Sur y la cantera situada cerca del Álvaro Reinoso, la cual es una enorme cantera, que posiblemente deja de explotarse muchos años antes de que se construyera el Álvaro Reinoso. Y las canteras del Valle del Yumurí que son totalmente artesanales, estas son las principales puntos de cantera. Pero naturalmente donde quiera que hubiera posibilidad de encontrar canto, que no es difícil por las características de Matanzas, se abrió un frente de cantera para su explotación.

A lo que agrega Orosco (2020), la ciudad de Matanzas posee una arquitectura realizada principalmente en piedras y canto ya que principalmente en los siglos XVII, XIX y principios del XX se extrajo la piedra y el canto con que hoy está construida la ciudad. Por esto Matanzas hoy es una ciudad de piedra, es una ciudad canto, no es una ciudad de ladrillos, no es una ciudad de madera. La caliza de nuestro relieve tiene tres tipos de dureza, las calizas químicas que son arrecifales, duras y cristalinas, las calizas margosas que tienen una dureza media pero todavía tienen una fortaleza cristalina y las margas

calizas que son muy suaves porque tienen un gran contenido de arcilla. Al día de hoy existe una marcada diferencia con la cantería de antaño ya que los cantos extraídos en la colonia tenían una mayor dureza con respecto a los de hoy en día, se debe esto a la explotación y utilización de las margas calizas que poseen mayor porcentaje de arcilla lo que las hace muy suaves. Lo que facilita el duro trabajo realizado de manera artesanal en las canteras. La dureza, el gran peso y la relativa dificultad con que se trabaja la piedra utilizada para la construcción de Matanzas, proporciona a esta la gran solidez y elegancia en piedra que presenta la ciudad. Permitiendo a la vez una arquitectura mucho más académica, mucho más elaborada y acabada como por ejemplo la que lleva implícita la construcción en el estilo neoclásico que es nuestro estilo fundamental. Los canteros que eran los que construían los edificios de la ciudad pedían al suministrador de una cantera determinados tipos de canto. Por ejemplo, el canto de sillería es un canto muy grande que puede incluso exceder el metro veinte de espesor que se hacía principalmente en calizas arrecifales duras, se utilizaba generalmente para los cimientos de las grandes fortalezas militares españolas como es el Castillo de San Severino, también es el caso del teatro Sauto, la Catedral, el palacio de Gobierno. Sobre estos cimientos de sillería se colocaba una piedra más pequeña, el canto, que era la utilizada para las paredes, las torres y los muros. Las viviendas matancera están principalmente construida en piedra, ¿dónde se utilizaba el canto en las casas de vivienda?, principalmente en cimentaciones, levantar vanos importantes de paredes intermedias, delinear estructuras de sostenimiento pero el resto de la casa se construía en piedra de pequeño tamaño ligada con argamasa. En la actualidad se ha retomado la utilización del canto para la construcción principalmente de casas en el sector particular. Variando el tipo de piedra utilizado y las dimensiones de las unidades con respecto a los pasados siglos. Presentando la ventaja de una construcción relativamente rápida, pero presentando la desventaja de la gran absorción capilar que tiene, afectando a las zonas húmedas de la ciudad.

En la ciudad de Matanzas se comienza a construir primeramente con mampuesto, pero las necesidades de tener en la ciudad edificios más altos crea la necesidad de utilizar otro método, la cantería. Prácticamente toda la construcción de Matanzas hasta el siglo XIX, cuando comienza la casa tradicional que se prohíbe la construcción en adobe y en madera, comienza la construcción con techo de tejas y paredes de cantería. A partir del

primer tercio del siglo XIX y entrando en los primeros años del XX se construye con canto, ya que tenía la ventaja de ser muy barato, una pieza de canto tenía un valor de seis centavos. La gran mayoría de las construcciones más eminentes de Matanzas están construidas en cantería como el palacio de Gobierno, la Aduana, la propia casa donde se encuentra la oficina del historiador, el teatro Sauto, San Severino entre otras no menos importantes (Cuevas 2001).

Inminentemente Matanzas con el paso de los años va convirtiendo su arquitectura, de casas de madera, iglesias de madera y puentes de madera, a obras con una mayor belleza construidas en sillería y cubiertas de tejas, lo que reflejaba la riqueza de la ciudad a través de sus construcciones.

Agregando a lo anterior Cuevas (2001) el censo realizado en 1861 informaba que existían en la jurisdicción de Matanzas un total de 7,323 casas, de las cuales el 50% tenían paredes de mampostería y el 69% estaban techadas con tejas. En la villa predominaban ampliamente las construcciones de mampostería y tejas con el 59% y 99%, respectivamente.

No hubiera sido posible la construcción de cantería en la ciudad de no ser por la existencia en su territorio de canteras, las cuales permitían extraer los materiales necesarios para tales obras. Explotándose en Matanzas en 1889 las canteras de piedra en: Dubrocq, U. Fernández, E. Del Monte y Véliz Méliz (Rodríguez 2019).

El estado de la cantería en Matanzas no difiere en grandes rasgos a lo referente en el país, como lo explicado anteriormente, no se posee maquinaria especializada en la labor ni técnicas de producción industrial y por supuesto manteniendo los mismos métodos y herramientas. Matanzas se diferencia mayormente en la cantidad de canteras en su territorio, posibilitado por las características geológicas de la zona, favoreciendo la creación de canteras en casi en la totalidad de su territorio. Lo que favorece una sólida inclinación hacia el oficio de la cantería, el cual ha prevalecido hasta nuestros días con leves o casi nulos cambios en su proceder.

1.4.5. Métodos de obtención del material de cantera y principales herramientas.

Los métodos de obtención de la piedra de cantería varían según el tipo de roca, la región donde se extraiga, las técnicas conocidas por el cantero y la preferencia del cantero mismo.

Con un puntero golpeado por una maceta ahondarían las aberturas o “cuñeras” hasta que éstas alcanzarán una profundidad suficiente como para que el filo de la cuña no llegara al fondo en todo su recorrido, puesto que si no la cuña se cala, no avanza y rebota. Del mismo modo, las paredes del agujero, cerca de la superficie, serían lo suficientemente anchas como para que los costados de la cuña no provocaran pequeñas roturas de material, impidiendo la transmisión de la fuerza de empuje hacia las paredes laterales (Rodríguez 2012).

Con una maceta se darían unos golpes a la roca indagando por el ruido y tipo de rebote los fallos, fisuras o vetas interiores de la masa pétreo. Las siguientes etapas del trabajo han quedado fosilizadas en las: con un pico o un pico-martillo abrirían en la superficie de la roca a intervalos más o menos regulares unas aberturas, siguiendo una línea recta y en la dirección de la veta de la roca, ya que por ella va el “raje” que es el sentido en el cual la piedra abre bien (Calvo et al. 2013).

Dando un solo golpe cada vez para que la roca abriera por igual. Las cuñas al ser introducidas en la roca debían emitir un tono agudo; un cambio de sonido indicaba que esa cuña había calado lo suficiente. Una vez que aparecieran pequeñas fisuras cerca de las cuñas darían pequeños golpes provocando la fractura definitiva del bloque (Pinto & Sanjurjo 2011).

La forma de extracción, las herramientas, los métodos y el lenguaje de cantera varían en dependencia del país o incluso la región dentro de un mismo territorio en el que se trabaja la cantería. La geografía, el tipo de roca y la disponibilidad de recursos también producen cambios en todos estos parámetros. Un ejemplo claro es que cuando en los lugares que el canto es más suave este tiende a cortar con relativa facilidad; en las regiones que el canto tiene más dureza, el cantero utiliza una fuente de agua para facilitar el corte del mismo.

Según González (2019), para comenzar la explotación de una cantera se debía limpiar y descortezar el terreno hasta la capa de marga, una vez sobre el estrato se daban 4 cortes con un pico formando un rectángulo hasta la profundidad deseada; se colocaban flejes en estos cortes, se calzaban con cuñas de madera y se golpeaban estas cuñas hasta lograr partir el bolo en el fondo; una vez partidos, estos se ataban con una cuerda y se halaban (con bueyes) para sacarse. Cuando ya existía una abertura se daban solamente tres cortes, se colocaban los flejes con sus respectivas cuñas y se repetía el proceso de extracción. Después ese bolo era picado hasta obtener la chapa de canto con las dimensiones deseadas. Este era el proceso usado antes del triunfo de la Revolución.

A lo que agrega actualmente el trabajador de oficio de la cantera de San Francisco, Mederos (2019), en la actualidad con un buldócer, en caso de que exista uno en cantera, se lleva a cabo el descortezado del terreno hasta la capa de margas donde se realiza la extracción del material. En caso de no existir, que es el mayor de los casos, este duro trabajo se realiza a mano. Con una coa se dan los cuatro cortes, se colocan los flejes, se calzan con sus respectivas cuñas y se golpean estas hasta lograr fracturar el fondo del bolo, una vez logrado esto se amarra el bolo y se jala con ayuda del buldócer, de no haber buldócer se realiza a mano, existiendo esta abertura en el estrato con la coa se da un corte paralelo a una de las caras de la abertura y después con un serrote, y regando constantemente con agua se dan dos cortes perpendiculares a estos dos anteriores que los una formando el bolo. Se colocan los flejes, se calzan con sus respectivas cuñas y se golpean estas hasta lograr fracturar el fondo del bolo, este se voltea y con serrote se corta el bolo en lanzas y estas finalmente son cortadas para obtener las chapas de canto.

Varios especialistas de la rama plantean que la falta de industrialización del trabajo en cantera y se da a entender, un poco lejos de la experiencia visual, lo difícil y complejo del trabajo de la cantería en las canteras cubanas influyen fundamentalmente la falta de maquinaria existente.

A pesar del poco conocimiento de los trabajadores de las canteras sobre el tipo de roca que están explotando, la mayoría entiende y conoce a grandes rasgos que la roca explotada es una roca sedimentaria. Se pone de manifiesto cuando se le pregunta qué tipo

de roca es, la respuesta inmediata de la mayoría es la siguiente: “roca sedimentaria ya que en ella encontramos restos de animales como conchas, dientes de tiburón y marcas de plantas”. De esta manera se confirma que los trabajadores tienen una noción generalizada de las características del suelo que están explotando y las características del producto final a obtener.

1.5. Rocas sedimentarias.

Las rocas sedimentarias son rocas que se forman por acumulación de sedimentos, los cuales son partículas de diversos tamaños que son transportadas por el agua, el hielo o el aire, y sometidas a procesos físicos y químicos (diagénesis), y dan lugar a materiales consolidados. Las rocas sedimentarias pueden formarse a las orillas de los ríos, en el fondo de barrancos, valles, lagos, mares, y en las desembocaduras de los ríos. Se hallan dispuestas formando capas o estratos (Alsemgeest et al 2019).

Las rocas sedimentarias son rocas que con el desgaste de rocas más duras, su transporte, depositación y diagénesis termina como nueva roca sedimentaria (Gonzales 2016).

Sedimentos o material que han sido depositados en el agua, por el hielo, por el viento o químicamente precipitado en el agua (Griem & Griem 2017).

Entendiéndose por el autor como roca sedimentaria, la acumulación de sedimentos que con el paso del tiempo se asientan en el fondo de lugares con cause de agua o presencia de la misma.

1.5.1. Origen de las rocas sedimentarias.

Es lógico creer que este tipo de roca se formó a partir de las rocas ígneas, pues estas fueron las primeras en originarse. Pero la formación de las rocas sedimentarias nos indica que se formaron de cualquier tipo de roca preexistente e incluso de fósiles depositados con el pasar de los años en el fondo marino.

La clasificación de este tipo de roca está dada de la siguiente forma (Barredo 2005):

- Originadas por agentes mecánicos, como corrientes de agua, viento, lluvia, hielo y cambios de temperatura, desintegrándola y reduciéndola a clastos y fragmentos. Formadas mediante la depositación (óndulas, estratificación gradada) y erosión (estructura de corte y relleno, turboglifos) de las diferentes materiales que la componen.
- Originadas por deformación las cuales son: por desecación (Barquillos y grietas), por inyección (diques clásticos), por impacto (calcos de gotas de lluvia), por carga de sedimentos, (pseudonódulos).
- Originadas por procesos químicos (vinculado a la diagénesis): por cementación diferencial (concreciones), por disolución (estilolitas), por reemplazo (algunos nódulos) y por difusión (Bandeamiento).
- Originadas por procesos biogénicos: trazas de organismos (bioturbaciones), moldes de pisadas de vertebrados (Icnitas), por actividad vegetal (estromatolitos, impresiones de raíces).
- Clasificación de acuerdo a la época de formación: primarias o singenéticas. Es decir contemporáneas a la sedimentación como por ejemplo las óndulas, estratificación entrecruzada, etc. Secundarias o epigenéticas: Posteriores a la sedimentación por ejemplo concreciones.
- Clasificación de acuerdo a la posición: estructuras sobre el plano de estratificación, por ejemplo ondulitas, calcos de lluvia. Estructuras dentro del plano de estratificación, por ejemplo estratificación entrecruzada, gradación. Estructuras en la base, como los calcos de surco, de carga, turboglifos.
- Clasificación como indicadora de paleocorrientes siendo direccionales: ondulitas simétricas (bidireccional) y asimétricas (unidireccional), calcos de surco, etc. No direccional: grietas de desecación, gotas de lluvia.

Sobre el origen de las rocas sedimentarias el autor entiende que pasan por procesos mecánicos, químicos y biogénicos para llegar a su forma final formando las grandes

acumulaciones que hoy se conocen; clasificándose en primarias o secundarias de acuerdo a la época de formación; de acuerdo a la posición: sobre, dentro o en la base del mismo.

1.5.2. Procesos sedimentarios.

Los procesos formadores de las rocas sedimentarias tienen lugar en la superficie terrestre o muy cerca de ella, en ese sentido se dice que son procesos exógenos. En contraposición con los formadores de las rocas ígneas y metamórficas que son los endógenos. Los procesos exógenos dan lugar a la redistribución y a la reorganización de los materiales terrestres como resultado del intercambio con la atmósfera y la hidrosfera. La redistribución tiene lugar por el desgaste o degradación de las rocas que constituyen generalmente áreas elevadas en la superficie terrestre y, la posterior depositación de los materiales removidos en las áreas deprimidas o agradación. Esta tendencia a la nivelación de la superficie terrestre se denomina gradación (Cervuna 2019).

Los principales procesos exógenos son los siguientes:

Meteorización (Química o Física): es la destrucción de las rocas que están sobre la superficie terrestre mediante la desintegración mecánica, la descomposición química o la acción biológica.

Descomposición: Consiste en el conjunto de reacciones químicas que dan lugar a la formación de nuevos minerales estables a las nuevas condiciones y a la puesta en solución de numerosos compuestos. Los productos de alteración más importantes son las arcillas (caolinita, montmorillonita, illita, etc) y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. La descomposición es producida principalmente por hidrólisis, oxidación y reducción y reacciones con ácidos carbónicos, sulfúricos, orgánicos, etc (Gallegos 2012).

Erosión: es el proceso dinámico por el cual se produce la remoción, o lo que es lo mismo el arranque del material de su lugar y la puesta del mismo al medio de transporte. Así que se deduce que, para que exista erosión se necesitan un agente capaz de movilizar y transportar el material. Siendo estos:

- a. El agua corriente como la del río, la lluvia y el agua de mar. Provocando en los primeros casos corrosión por arrastre de sedimentos y por la propia acción del agua y en el segundo caso generando abrasión.
- b. Los glaciares, causando erosión por el movimiento del mismo. La fuerza de la gravedad atrae el hielo hacia el valle, como a un río. Derritiéndose en pequeñas cantidades durante el día y congelándose en las noches causando la expansión de estas aguas y creando brechas en las rocas.
- c. Otro causante es el viento (deflación), producida por el esfuerzo de cizalla del flujo del viento o por la abrasión de las partículas que este arrastra.
- d. Gravedad esta erosión se produce por la gravedad que la ladera tiene transporte en pendientes de ladera. Transporte por gravedad de bloques o granos desgajados en laderas de montaña.

Transporte: la meteorización produce fragmentos y diferentes materiales que son transportados generalmente a grandes distancias. Los principales tipo de transporte son el agua y el viento.

Depositación: Cuando las condiciones son favorables o, en otras palabras, cuando el agente transportante ya no puede llevar su carga (pierde competencia) deposita. Generalmente ocurre en zonas deprimidas que así son rellenadas, estas zonas son las cuencas sedimentarias y según su posición son clasificadas como continentales, marinas o mixtas.

Diagénesis: Una vez depositados los sedimentos sufren una serie de cambios físicos y químicos, pero de todos tal vez los más importantes son los que llevan a la litificación es decir la conversión del agregado suelto o sedimento en una roca sedimentaria denominada sedimentita. Definido de esta manera, se entiende que la litificación es contraria a la meteorización (Barredo 2005).

1.5.3. Composición química y mineralógica.

En el caso de las rocas sedimentarias la composición química no puede utilizarse para su clasificación, debido a que las fuentes de su origen son muy diversas y se mezclan de tal

manera que no sería representativo para indicarnos su génesis. La roca sedimentaria promedio está formada por un 82% de arcilla, un 12% de arenisca, y un 6% de caliza. A continuación se muestra una tabla donde se pueden observar los componentes de las rocas y los por cientos en que se encuentran en estas. En la Tabla 1.2 se muestran los principales componentes de las rocas sedimentarias.

Tabla 1.2 Componentes de la roca sedimentaria.

Fuente: (Barredo 2005).

Componentes	%
SiO ₂	57,95
TiO ₂	0,57
AlO ₂	13,39
FeO ₂	3,47
FeO	2,08
MgO	2,65
CaO	5,89
Na ₂ O	1,13
K ₂ O	2,86
H ₂ O	3,23
P ₂ O ₅	0,13
CO ₂	5,38
SO ₃	0,54
BaO	-
C	0,66

De acuerdo a lo anterior se entiende que a pesar de los diversos orígenes y mezclas que pueden tener este tipo de rocas, la mayor parte de las rocas sedimentarias está compuesta por arcilla y por sílice.

1.5.4. Rocas sedimentarias, características y usos en la construcción.

Pueden clasificarse por su génesis en:

- rocas detríticas que se originan a partir de trozos de otras rocas.
- rocas químicas que se forman a partir de precipitación de compuestos químicos.
- rocas orgánicas que se forman a partir de acumulación de restos de seres vivos.

Tradicionalmente los petrólogos han hecho esta división de las rocas sedimentarias incluyendo areniscas, lutitas y conglomerados en las rocas detríticas, y las carbonáticas y evaporíticas en las rocas químicas. No obstante existen algunas excepciones, como las rocas carbonáticas y evaporíticas de origen detrítico (calcarenitas y yesos detríticos) (Rolo 2012).

Rocas químicas.

- La roca caliza está formada principalmente por el mineral Calcita, a veces con otros minerales como impurezas (minerales arcillosos, calcedonia, ópalo, cuarzo). Las propiedades que facilitan su reconocimiento son: dureza y reacción química ante el HCl diluido. Su uso son como materia prima para la fabricación de cemento, como piedra triturada, para ornamentación de interiores y exteriores, como fuente de cal industrial mediante su incineración. Esta roca se utiliza para la fabricación de la cal y del cemento (Meseguer et al 2008).
- Yeso: esta roca se forma en mares poco profundos donde se produce una intensa evaporación, por lo que también se conoce como roca de tipo evaporítico. En general su color es blanco aunque por la presencia de impurezas puede presentar tonalidades rosas. El yeso se utiliza en el acabado de las construcciones y recibe el nombre de piedra de algez. Sus usos específicos son: estucos y modelados, el vaciado de objetos muy delicados, para la decoración y la escultura, como retardador de fraguado en la fabricación de cementos (García 2016).
- Halita: también es una roca evaporítica formada por la precipitación química de NaCl lo que da lugar a la formación de cristales en los minerales. Esta roca es generalmente de color blanco y de aspecto cristalino, y tiene sabor salado. No es

una roca muy abundante y generalmente se presenta en estructuras geológicas conocidas como domos salinos (Cabral et al 2008).

- Dolomita: roca formada por el mineral del mismo nombre, es decir dolomita (carbonato de calcio y magnesio). Puede aparecer estratificada con areniscas, limolitas y calizas. Presenta un color claro; pero también a veces oscuro con tonalidades amarillentas por oxidación. Su grano puede ser fino, pero en general más grueso que el de las calizas, reconociéndose en algunos casos los cristales de dolomita (Pimentel 2017).

Tipo de roca organógena.

Entre este tipo de rocas organógenas se encuentra la creta: caliza de tipo orgánico formada por conchas de microorganismos (foraminíferos), alojados dentro de una matriz de calcita fina. Esta roca se forma en el mar y aparece asociada o ínter estratificada con calizas de tipo químico y con pedernal. Para efectos prácticos las rocas se reconocen por su color blanco a gris, su reacción al HCl, además lo importante es que presentan una masa deleznable pulverulenta o terrosa, ya que se encuentra débilmente cementada.

También podemos encontrar al carbón: es una roca que se forma en un ambiente donde hubo una exuberante vegetación (por ejemplo en pantanos), donde fue posible que dicha vegetación fuera sepultada sin sufrir descomposición orgánica.

- Uso de las rocas organógenas.

Estas rocas tenían un uso limitado en la ingeniería civil, pero actualmente algunas son empleadas con mucho éxito como: las calizas coralinas se utilizan para fabricar hormigón, los corales se emplean como relleno para morteros, la creta es utilizada para la fabricación del cemento, para limpiar y pulir y si se tritura se utiliza como Blanco España. La radiolarita, la diatomita y el trípoli o barro de diatomeas, se utiliza como pulimiento y como aislante de calor y sonido.

De lo antes expuesto se puede concluir que a pesar que las organógenas tienen un uso bastante amplio en campos como la energía, mediante el carbón, está presentando

notables avances en el sector de la construcción, sobretodo en la fabricación del hormigón.

Tipos de rocas detríticas:

- limolita: tiene un grano también fino, inapreciable, pero al tacto se siente ligeramente áspera y si se le desgrana produce polvo del tamaño de la harina. Su lugar de formación también es en mares, lagos, y lechos de ríos.
- arenisca: aquí ya se puede apreciar el tamaño de grano, ya sea con una lupa o a simple vista. En muchos casos pueden reconocerse varios minerales formando los granos (feldespatos, cuarzo, micas). Los granos pueden estar cementados por calcita, sílice y óxido de hierro.
- conglomerado: no hay dificultad en reconocer el tamaño de las partículas, incluso su evidente redondamiento. Estas partículas corresponderán en muchos casos a fragmentos de otras rocas, mezclados con arena, limo y arcilla en distintas proporciones. Generalmente los fragmentos estarán cementados por calcita o por óxido de hierro.
- lutita (margas): Es de grano más fino, no se ven cristales a simple vista, sus partículas tienen en ocasiones aspecto de lodo endurecido, pero mostrando fisilidad. Esta propiedad hace que al ser expuesta la roca a la intemperie se desintegre más fácilmente. Se forman en lagos, mares y pantanos.
- Uso de las rocas detríticas.

Estas rocas pueden ser utilizadas de diferentes formas: sueltas en dimensiones mayores a dos milímetros, se utilizan como áridos para hormigón llamados áridos gruesos, los conglomerados también pueden dar áridos machacándolos, pero cuando se va a construir sobre ellos hay que estudiar el tipo de aglomerante, algunas brechas, generalmente calcáreas, se utilizan en la ornamentación por dar con facilidad, superficies pulidas muy bellas, las areniscas se emplean en la construcción para exteriores e interiores de edificios, para pisos, pilares, muros, enlosados, y para construir puentes y presas. Además

pueden ser empleadas en mampostería, sillería y escultura, las arcillas se utilizan en cerámica y en la fabricación de ladrillos. Es una de las materias primas más importante para la fabricación de cemento y se utiliza para los núcleos impermeables de las presas.

El autor deduce de lo anterior que las rocas detríticas son las que más se destacan en el campo de la construcción teniendo un amplísimo espectro en cuanto a la diversidad de sus aplicaciones, las cuales van desde fabricación de cemento como la escultura.

Apreciándose en nuestro territorio el uso de las detríticas en la explotación de las margas, material del cual se compone el canto extraído en nuestra provincia como materia de construcción.

1.6. Las Margas definición, tipos y usos.

Una de las rocas utilizadas en la cantería son las margas(o lutitas), que son rocas sedimentarias mixtas (mezcla de rocas detríticas y rocas químicas) de origen marino o lacustre, y está formada por una mezcla íntima de arcillas con materiales calizos en distintas proporciones (marga arcillosa y marga calcárea), aderezados con otros minerales como cuarzo o mica y con trazas de materiales orgánicos. Suele contener fósiles. Su textura es de clastos de grano muy fino. Frecuentemente se pueden encontrar entremezcladas con bancos de calizas, areniscas, yesos y sales (Pérez 1997).

Según Ramos y Guillén (2017), definen a las margas como una roca compuesta por carbonato cálcico y el resto por minerales arcillosos, a veces con algo de yeso e incluso sal. Su aspecto y propiedades son semejantes a la arcilla: tacto untuoso, se disgrega al ser sumergida en agua, adquiere gran plasticidad y adherencia, etc. Su color es muy variable, aunque suelen predominar, en nuestra región, los tonos blancos, grisáceos o amarillentos, con excepción de las margas triásicas que presentan coloraciones rojizas y verde-azuladas. Algunas margas presentan coloraciones muy oscuras o casi negras por la presencia de materia orgánica (margas bituminosas).

1.6.1. Tipos de margas.

- marga silícea: no da reacción con clorhídrico por su menor porcentaje en caliza,

- marga caliza: el contenido en CaCO es bastante grande (generalmente entre el 20 y el 50%) y presenta clara reacción con clorhídrico en frío,
- margas yesosas y margas salinas: son un tránsito a las rocas evaporitas, cuando el porcentaje de yeso o sal es menor del 50% y predomina la arcilla detrítica,
- margas apergaminadas: se caracterizan por su alto contenido de frústulas y de diatomeas y una fina laminación que les da el nombre, ya que su aspecto es el de un pergamino y suelen conservar con extraordinaria calidad, fósiles de peces cefalópodos, crustáceos, insectos y vegetales,
- margas radiolaríticas: son margas muy ricas en caparazones de radiolarios,
- marga cementosa (o cemento natural): contiene 75-80% de carbonato cálcico y 20-25% de arcilla, lo que la hace apta para la fabricación de cemento Pórtland sin necesidad de aditivos suplementarios,
- marga cálcica: se compone de una mezcla terrosa que contiene arcilla, arena y un 50 ó 70% de carbonato cálcico.

1.6.2. Formación y componentes químicos de las margas.

Las margas se generan en ambientes acuosos semejantes a los de las arcillas, pero bajo la acción de climas más cálidos. Se forman por precipitación de sustancias, orgánicas o inorgánicas, disueltas en el agua de la cuenca de sedimentación (lagos, ríos, mares). Ello puede deberse a muy diversas circunstancias como cambiar de temperatura, pH, o simplemente por saturación. Esta sustancia pueden ser de muy distintas naturalezas, el calcio y el magnesio se encuentran disueltos en forma de bicarbonato, los cuales se precipitan fácilmente por cambios de temperatura o pH. La sílice se encuentra en solución coloidal en forma dióxido. Existen otras sales como el sulfato, cloruros, bromuros, entre otros, que precipitan por saturación en la concentración.

Sea como fuere el proceso de sedimentación estas rocas pueden encontrarse en yacimientos de gran espesor por acumulación durante años. Aparecen en capas llamadas

estratos, que corresponden a diferentes episodios de depósito, ya que rara vez los sedimentos llegan juntos. Los materiales más antiguos quedan debajo de los más modernos.

1.6.3. Características esenciales de las margas.

Entre las características esenciales se pueden destacar las siguientes: estas rocas están compuestas por un 35 a 65 % de carbonato cálcico y el resto por minerales arcillosos, a veces con algo de yeso e incluso sal. Sus partículas son mayores de 50 micrómetros. Son rocas muy sensibles a la humedad, no empleándose como piedra de construcción la mayoría de sus tipos, tienen una gran adherencia. El carácter aglomerante del carbonato cálcico les da cierta estabilidad ante la presencia de agua, pero las lutitas enteramente silíceas están constituidas fundamentalmente por arcilla mineralógica, lo cual provoca que al estar esta roca poco consolidada, muchas veces se deshacen total o parcialmente con el agua, por lo que es difícil establecer la separación entre éstas y las arcillas incoherentes. Su aspecto y propiedades son semejantes a la arcilla: tacto untuoso, se disgrega al ser sumergida en agua, adquiere gran plasticidad y adherencia. Su color es muy variable, aunque suelen predominar los tonos blancos, grisáceos o amarillentos, con excepción de las margas triásicas que presentan coloraciones rojizas y verde-azuladas. Algunas margas presentan coloraciones muy oscuras o casi negras por la presencia de materia orgánica (margas bituminosas). Pueden confundirse con la arcilla, de la que se diferencia por su contenido en carbonato cálcico. La marga efervesce fuertemente con ácido clorhídrico al 10 %, mientras que una arcilla lo hace más débilmente o puede no llegar a efervescer si carece de carbonato.

1.6.4. Usos de las margas a nivel mundial.

El principal aprovechamiento de algunas margas es su utilización para la fabricación de cementos, ya que su alto contenido en carbonato cálcico y la presencia de arcillas expansivas (esméticas) en las mismas, suele impedir su uso como materia prima en la industria cerámica. Algunas margas poseen interés en balneoterapia, destacándose su uso en los ancestrales baños de barro con lodo (Rolo 2012).

Las margas de origen marino poseen un elevado interés científico cuando poseen foraminíferos planctónicos, porque estos fósiles permiten conocer la edad de las rocas; cuando son margas apergaminadas por tener organismos que rara vez suelen fosilizar y cuando son margas radiolaríticas por indicar ambientes marinos muy profundos y la existencia de emisiones volcánicas en esa época, se utiliza además para la obtención de la cal como mineral en la naturaleza que es como se encuentra y explota (hoy la cal se obtiene de rocas cálcicas como las margas, el mármol, el yeso o la dolomita).

La marga cálcica se compone de una mezcla terrosa que contiene arcilla, arena y un 50 ó 70 % de carbonato cálcico, actúa suave y lentamente y por ello es apropiada para suelos ligeros como abono recomendable desde hace siglos (Barredo 2005).

En nuestra provincia, por las características de su suelo, la piedra más utilizada para la cantería es la marga. Producto a su relativa facilidad para el corte y su abundancia en el territorio.

1.6.5. Usos de las margas a nivel nacional.

La propia naturaleza geológica de Cuba, condiciona que los depósitos de rocas y minerales útiles aprovechables sean de pequeñas dimensiones, muchas veces afectados por procesos tectónicos, intemperismo y metamorfismo local y regional, que condicionan una geología muy compleja y variada, donde con frecuencia afloran solamente franjas estrechas y alargadas o pequeños parches.

Como se deja tallar tan fácilmente se conoce que ha sido utilizada desde hace muchos años con fines estéticos en la construcción de enchapes y decorado de exteriores, así como en la confección de jardines. En nuestro país las margas no solo son utilizadas como material de construcción, sino, que son usadas como materia prima para la confección o mejoramiento de otros materiales y como material de relleno, tanto para edificaciones, como para la construcción de viales y pedraplenes.

1.6.6. Uso de las margas en la provincia de Matanzas.

La provincia de Matanzas tiene la favorable característica de presentar un suelo rico en este tipo de roca que es la marga. Lo cual facilita tanto a las empresas estatales como al sector particular la extracción de las “chapas de canto”.

En la provincia de Matanzas dada su geología es frecuente encontrar canteras que se abren y extraen sin conocerse de su existencia legalmente. Pero de las conocidas se encuentran en el municipio de Matanzas: Peñas Altas, Guanábana y el Murciélagos encontrándose activas solo Guanábana y el Murciélagos; en Cárdenas: La Zonora, Martell, Fines, O campo y Gómez en funcionamiento las cuatro primeras; en la zona de Santa Marta: la cantera con el mismo nombre, la cual no está en funcionamiento; en Colón: podemos encontrar a San Gerónimo y Lama las cuales no están en funcionamiento; en Pedro Betancourt podemos encontrar la cantera Churumba que si está en funcionamiento; en el municipio de Limonar encontramos: La Campana, La Vega, Guanábana, El Destino, La Candita, extrayendo solamente La Candita y Guanábana; en Unión de Reyes encontramos Santa Bárbara y Cabeza en funcionamiento la primera; Jagüey Grande cuenta con El escorial, Lamas, Lama I y II y Lipidia encontrándose en funcionamiento las tres últimas.

Como se muestra anteriormente se cuenta con gran cantidad de canteras, pero a pesar de los problemas presentados en el sector de la construcción con respecto a la obtención de materiales y a pesar del llamamiento de nuestro Presidente, no se están explotando la totalidad de estas canteras.

Aunque no es la única en utilizar el material en la provincia de Matanzas, la Empresa Provincial de Materiales de Construcción (EPMC) es un ejemplo claro de la utilización de los cantos en el sector estatal.

La empresa está diseñada para realizar su misión fundamentalmente en la producción de elementos prefabricados y materiales de construcción, tales como: chapas de cantos, bloques de hormigón, baldosas y mosaicos, mesetas, lavaderos, tapas y tanques de hormigón, áridos remolidos, entre otros; destinados a los programas de la Vivienda, de

gran sensibilidad para la población, con un alto impacto social, pues contribuyen a la realización de acciones constructivas para la rehabilitación de viviendas subsidiadas (destinado a personas naturales con bajos ingresos) que permitirán que los ciudadanos del país cuenten con una vivienda digna, así como la construcción de viviendas estatales y por esfuerzo propio, también desarrolla su encargo estatal a organismos del territorio que propiciará desarrollo en todos los territorios de la provincia de Matanzas, lo que permitirá el desarrollo de las construcciones, por lo que gestionar con enfoque al cliente sería lograr mayor confort en estas edificaciones, por tanto se mejorarán las condiciones de vida de la población, siendo una de sus grandes ventajas.

Según el cierre de producción del año 2019 y en el cierre hasta febrero del 2020 en diferentes municipios de la provincia la producción de canto se encontraba según se muestra en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Cierre de producción del 2019 de la EPMC.

Municipios	Unidades de cantos (unidades)
Matanzas	32 680
Perico	28 820
Pedro Betancourt	21 000
Unión de Reyes	75 600
Jagüey Grande	58 800
Total	216 900

Esto nos da una idea de la cantidad de casas que son posibles construir en un año manteniendo estos niveles de producción respondiendo de esta forma al llamado de nuestro presidente a ampliar y mejorar el fondo habitacional, ya que un canto promedio posee unas dimensiones de 50 x 35 x 10 cm aproximadamente, lo cual cubre un área de unos 0,175 m². Representando para el año 2019, con una producción de 216 900 cantos, un área a cubrir de 37 957,5 m².

Suponiendo que las casas a construir fueran de la siguiente distribución: dos recamaras, un baño, sala y cocina-comedor, la cual tuviera unos 39,9 m de muros y tabiquería, con

un puntal de 3 m. representando un área de 119.7 m². Se lograrían construir una cantidad de casas de 317 casas en el año 2019 usando solamente el canto proporcionado por la EPMC. Sin contar por supuesto con la producción particular del mismo material que termina en las manos del pueblo y obviando de la misma forma a otros materiales como el bloque o los sistemas de casas prefabricados.

Un número que se queda por debajo, aunque no demasiado de la cifra necesaria de una vivienda diaria, cifra expuesta por nuestro presidente para hacerle frente a la problemática de la vivienda cubana.

Aprovechándose de esta manera un material existente en abundancia, de un costo relativamente bajo, de producción local en casi todo el territorio de la provincia de Matanzas, que posee grandes dimensiones permitiéndole cubrir un área abarcadora en comparación con sus homólogos (bloque y ladrillo) y de otras prestaciones como la facilidad para el corte.

1.7. Conclusiones parciales.

Con el término del primer capítulo el autor ha llegado a las siguientes conclusiones parciales: la implementación de la cantería en Cuba, es una técnica introducida por los colonizadores los cuales importaron sus métodos de construcción con el fin de poder crear la infraestructura necesaria para asentarse en el país; a pesar de ser una técnica bastante antigua, en la actualidad el modo de extraer los cantos no ha cambiado en casi ningún aspecto. A grandes rasgos se puede afirmar que el canto como material de construcción es una opción viable ya que todo el que se extrae de cantera es vendido a la población y representaría ventaja si se demuestra que es apto para su utilización a nivel empresarial.

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS.

En este capítulo se describen los procesos, métodos, herramientas y las normativas utilizadas en el laboratorio para ensayar las muestras obtenidas de las canteras Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita, con el fin de evaluar las características físico-mecánicas de los cantos.

2.1. Ubicación y caracterización de las canteras de estudio.

Las canteras estudiadas son Santa Catalina, El Satélite, Cochiquera, Lama I, Churumba, Cabezas y La Candita. Los datos que dará el autor serán nombre de la cantera, otros nombres utilizados informalmente por las personas que habitan en sus contornos, municipio en el que se encuentra y las coordenadas de dicha cantera, la formación a la que pertenece cada una y sus características principales así como una caracterización visual realizada por el autor. Además, el número de cada cantera y cantidad de muestras extraídas.

2.1.1. Cantera Santa Catalina.

La cantera Santa Catalina se encuentra en el municipio de Perico a unos 0,5km al noroeste de Perico presentando unas coordenadas centrales de 491 400 de latitud y 327 500 de longitud. Perteneciente a la formación Colón (cln). Esta está representada con el número I romano y se extrajeron un total de seis muestras. La cantera también es conocida con el nombre de Perico por los trabajadores y las personas que habitan en las zonas circundantes.

La cantera se encuentra en una zona relativamente llana y presenta unos ocho metros en su parte más profunda y unos dos metros en la parte más baja. Tiene presencia de pequeñas betas de roca más dura y de diferente coloración. En su interior hay gran cantidad de arbustos, maleza y escombros producto de los trabajos de los canteros. Presenta un canto de color blanco y la existencia de betas de color rojo.

2.1.2. Cantera El Satélite.

La cantera el Satélite se encuentra en el municipio de Jagüey Grande en la provincia de Matanzas, a unos 4,7 km al oeste noroeste de Agramonte presentando las coordenadas centrales de 483 130 de longitud y 317 600 de latitud. Encontrándose situada en la

Formación Güines (gn). El Satélite está representado por el número II romano y del cual se extrajeron un total de seis muestras.

Los cantos extraídos de esta cantera son de color blanco presentando betas de piedras con la misma coloración y de gran dureza. Se encuentra en una zona relativamente llana y de fácil acceso dado a su poca profundidad de explotación, la cual oscila entre cinco y nueve metros de altura. Al igual que la anterior presenta grandes cantidades de desecho en su interior producto de la acción de los trabajadores.

2.1.3. Cantera Cochiguera.

La Cochiguera se encuentra 2 km al Sur de Agramonte en el municipio de Jagüey Grande de la provincia de Matanzas, encontrada en las coordenadas centrales 488 100 de longitud y 313 700 de latitud situada en la Formación Colón (cln). Esta cantera presenta otros nombres que fueron dados por los trabajadores y habitantes de la zona, los cuales son Ecuador, Metemano y Cochino. Está representada con el número III romano y de la cual se extrajeron una cantidad de seis muestras para su estudio en laboratorio.

La cantera presenta un acceso fácil y es de poca profundidad, con unos tres a cinco metros de profundidad. Al igual que las demás canteras presenta gran cantidad de escombros producto de los trabajos de extracción. Presenta un canto de coloración blanca con betas de coloración roja y blanca de gran dureza.

2.1.4. Cantera Lama I.

Lama I se encuentra a 6,8 km de Jagüey Grande, a unos pocos metros de la senda Este de la carretera Jagüey-Agramonte en el municipio de Jagüey Grande de la provincia de Matanzas. Presentando las coordenadas centrales 487 940 de longitud y 307 610 de latitud encontrada en la Formación Colón (cln). También conocida comúnmente como J4. Está representada con la numeración romana IV y se extrajeron seis muestras para su análisis en el laboratorio.

Esta cantera presenta una entrada bastante empinada lo que dificulta su acceso y lo vuelve peligroso sobre todo a la hora de salir de la cantera. La gran ventaja que posee es la cercanía a la carretera, lo cual permite la llegada rápida de los vehículos de carga. Posee gran profundidad, cercana a los doce metros, lo que la hace peligrosa si no se toman las medidas necesarias para la protección de los trabajadores. Tiene un canto de color blanco sin gran cantidad de betas, las cuales son de coloración roja.

2.1.5. Cantera Churumba.

Churumba se encuentra a 4,7 km al Oesnoroeste del municipio Pedro Betancourt en la provincia de Matanzas. Esta presenta las coordenadas centrales 465 510 de longitud y 324 120 de latitud situada entre las Formaciones Colón y Güines (cln/gn). Representada por el número V romano y de la cual se extrajeron seis muestras para su ensayo en laboratorio.

Churumba tiene un acceso difícil por el hecho de estar alejada de la carretera y no poseer un terraplén en óptimas condiciones para la circulación de los vehículos de carga. Está compuesta por diferentes zonas donde se explota el material que varían en profundidad y tamaño lo que complejiza el acarreo del material. Como las demás canteras esta posee de igual forma gran cantidad de escombros producidos por los trabajos de extracción. Presenta un canto de color blanco y de gran dureza el cual produce un sonido campanil al golpearlo con un objeto.

2.1.6. Cantera Cabezas.

La cantera en estudio es la “Cantera de Cabezas” situada a 1km al noreste del poblado que le da nombre, en el municipio Unión de Reyes, Provincia Matanzas. Sus coordenadas son 431 070 de latitud y 335 110 de longitud, la cual pertenece a la Formación Cojímar (cj) la cual está representa con el número VI romano.

Esta cantera constituye la más espaciosa zona de explotación de esta parte de la provincia. La cantera ocupa una considerable área únicamente dedicada a la explotación y todo parece indicar que puede ser ampliada lateralmente.

La roca que compone esta cantera presenta características areno-limosas siendo primordialmente calcítica su fracción fina. En los cortes más profundos se puede apreciar la pasividad del material, y aunque existen en su masa inclusiones y vetas endurecidas, estas no son muy abundantes ni obstaculizan la explotación.

El canto de la zona presenta una coloración blanca y al golpearlo con cierta dureza presenta un sonido parecido al escuchado al golpear un metal (sonido campanil) que denota la dureza del canto de la zona.

2.1.7. Cantera La Candita.

La cantera La Candita se encuentra en el poblado de San Francisco perteneciente al municipio de Limonar, de la provincia de Matanzas. Correspondiendo a las coordenadas 437 500 de latitud y 315 750 de longitud, perteneciendo a la Formación Güines (gn). Representada con el número VII romano.

La cantera presenta un acceso empinado pero fácil de pasar por los vehículos que se surten del lugar. Presenta una profundidad sobre los 4 a 6m en su parte más profunda. Presentando al igual que las anteriores desechos producto al trabajo de extracción.

El canto perteneciente a esta cantera presenta una coloración amarilla y restos fósiles como conchas y dientes de tiburón, los cuales son encontrados a menudo por los trabajadores de la cantera. Este presenta gran humedad y poca dureza.

2.2. Trabajos de identificación de las muestras en el laboratorio.

En el laboratorio se realizó cada uno de los estudios deseados según lo planteado en distintas normas, tomándose finalmente aquellas que según el análisis de expertos en el laboratorio se adecuaban mejor al material analizado, se seleccionó de esta forma los ensayos pertinentes a acometerle, ya que no existe una norma específica para ensayar el canto. Se siguió lo dictado por la NC 247:2010 “Bloques huecos de hormigón. Especificaciones”. Dado que las muestras a ensayar no poseen las mismas características de los bloques se mencionará lo que dicta la norma, aunque ya adaptado al material que se ensayará.

Las muestras para ensayo se conservaron a temperatura ambiente, bajo techo y en superficie plana, sobre piso de hormigón o similar. Se tuvo cuidado para no golpear ni dejar caer los cantos que constituyen la muestra de ensayo.

- Cada canto a ensayar se identificó con pintura en sus caras lateral indicándose:
 - a. La cantera.
 - b. Número del lote.
 - c. Número consecutivo de cada unidad de la muestra.
 - d. Número de la línea de producción.
- Los cantos que constituyen la muestra cumplieron los siguientes requisitos:
 - a. No presentaron grietas visibles en las caras ni descorchados.

- b. Tienen sus caras aparentemente paralelas.
- c. No le faltan esquinas.
- Determinación de las dimensiones.

Con este método se establecieron las dimensiones de fabricación de los cantos. Se efectuó la medición de cada uno de los cantos que constituyen la muestra y se determinó el promedio de cada una de sus dimensiones. (Para entender cuál es cada una de las dimensiones del canto tomadas como se muestra en el Anexo I).

- Medios para efectuar la medición:
 - a. Cinta métrica metálica con valor de división de 1 mm o regla graduada con valor de división de 1 mm.

Este estudio se realizó con una cinta métrica con una longitud de 5m. Los resultados se dieron con aproximaciones de 1 mm. Las dimensiones promedio (\bar{X}) y su desviación estándar (S_x) se calcularon mediante las expresiones siguientes:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{x=1}^n X_i}{n} \quad (2.1)$$

$$S_x = \sqrt{\sum_{x=1}^n \frac{X_i - \bar{X}}{n}} \quad (2.2)$$

- Donde:
 - a. \bar{X} dimensión promedio de la muestra (mm),
 - b. X_i dimensión de cada canto (mm),
 - c. S_x desviación típica de las dimensiones de la muestra n tamaño de la muestra,
 - d. n: (número de cantos que constituyen la muestra).

En el desarrollo de la investigación el orden de las tablas será de la siguiente forma: longitud, ancho, espesor, promedios, las desviaciones se expusieron en forma de texto al final de cada tabla, dando una conclusión de los resultados que se muestran, así como los valores inferior y superior de cada resultado en los casos de los estudios de peso específico, absorción de agua, compresión y flexión.

Tabla 2.1 Longitudes de las muestras en mm.

Lote	Número de lote	Longitud promedio (mm)
I	1-6	557,5
II	7-12	480,3
III	13-18	507,5
IV	18-24	465,83
V	25-30	464,5
VI	31-36	430,83
VII	37-42	496,67

Al analizarse los datos recopilados podemos obtener una longitud promedio para: Santa Catalina: 557,5 mm; El Satélite: 480,83 mm; Cochiquera: 507,5 mm; Lama I: 465,83 mm; Churumba: 464,5 mm; Cabezas: 430,83 mm y La Candita con: 496,67 mm.

Desviación estándar de: Santa Catalina: 6,9 mm; El Satélite: 13,6 mm; Cochiquera: 12,1 mm; Lama I: 12 mm; Churumba: 1,4 mm; Cabezas: 12 mm y La Candita con: 10 mm.

Tabla 2.2 Ancho de las muestras en mm.

Lote	Número de lote	Longitud promedio (mm)
I	1-6	303
II	7-12	264,17
III	13-18	325
IV	18-24	261,5
V	25-30	255
VI	31-36	273,33
VII	37-42	307,5

Al analizarse los datos recopilados podemos obtener una longitud promedio para: Santa Catalina: 303 mm; El Satélite: 264,17 mm; Cochiquera: 325 mm; Lama I: 260 mm; Churumba: 255 mm; Cabezas: 273,33 mm y La Candita con: 307,5 mm.

Desviación estándar de: Santa Catalina: 3,2 mm; El Satélite: 16,6 mm; Cochiquera: 27,4 mm; Lama I: 3,2 mm; Churumba: 2,3 mm; Cabezas: 8,8 mm y La Candita con: 6,1 mm.

Tabla 2.3 Espesor de las muestras en mm.

Lote	Número de lote	Espesor promedio (mm)
I	1-6	90,83
II	7-12	79,17
III	13-18	94,17
IV	18-24	78,33
V	25-30	86,17
VI	31-36	79,17
VII	37-42	86,67

Al analizarse los datos recopilados podemos obtener una longitud promedio para: Santa Catalina: 90,83 mm; El Satélite: 79,17 mm; Cochiquera: 94,17 mm; Lama I: 78,33 mm; Churumba: 86,17 mm; Cabezas: 79,17 mm y La Candita con: 86,67 mm.

Desviación estándar de: Santa Catalina: 3,2 mm; El Satélite: 16,6 mm; Cochiquera: 27,4 mm; Lama I: 3,2 mm; Churumba: 2,3 mm; Cabezas: 8,8 mm y La Candita con: 6,1 mm.

Analizando los resultados anteriores podemos llegar a la conclusión de que las longitudes de las muestras analizadas van desde 430,83 mm a 557,5 mm de longitud; de 255 mm a 325 mm de ancho y de espesor de 79,17 mm a 94,17 mm. Concluyendo que las dimensiones de los cantos dependen del lugar donde estos son extraídos.

2.3. Estudio del peso específico del canto.

Estos datos son tomados con la muestra en las condiciones naturales con las que llegaron de cada cantera. Utilizando las dimensiones antes expuestas se procede a calcular el volumen del canto para hallar su peso específico.

- Para este ensayo se utilizó: una pesa digital en kg.

Volumen de la muestra.

Al multiplicar las dimensiones analizadas anteriormente podemos obtener un volumen de: Santa Catalina: 15 326,91 cm³; El Satélite: 10 055,76 cm³; Cochiquera: 15 531,61 cm³; Lama I: 9 542,21 cm³; Churumba: 10 206,23 cm³; Cabezas: 9 322,75 cm³ y La Candita con: 13 236,17 cm³.

Una vez realizadas las mediciones de los cantos estos son pesados y con los volúmenes de cada uno se calcula el peso específico del material como se muestra la siguiente tabla.

Tabla 2.5 Peso específico de las muestras en kg/cm³

<i>Tabla 2.5 Peso específico de las muestras en kg/cm³</i>				
Lote	Número de lote	Volumen (cm ³)	Peso neto promedio kg	Peso específico (kg/cm ³)
I	1-6	15 326,91	25,58	0,001669
II	7-12	10 055,76	14,27	0,001419
III	13-18	15 531,61	20,12	0,001295
IV	18-24	9 542,21	14,40	0,001509
V	25-30	10 206,23	12,46	0,001221
VI	31-36	9 322,75	13,52	0,001450
VII	37-42	13 236,17	18,44	0,001393

El estudio arroja que los pesos específicos de las muestras varían desde los 0,001669 kg/cm³ hasta los 0,001221 kg/cm³. Arrojando que la cantera de menor peso específico en su material es Santa Catalina y la de mayor peso específico es Churumba.

2.4. Determinación de la absorción de agua.

Otro ensayo realizado al canto fue el de % de absorción de agua para el cual se procedió según lo planteado en la NC 247-2010 “Bloques huecos de hormigón. Especificaciones”.

Objetivo y alcance: Este método se establece para determinar la capacidad de los cantos para absorber una determinada cantidad de agua.

Fundamento del método.

Los cantos o una sección de estos se sumergieron en agua para determinar el contenido de esta por diferencia de masa expresada en porciento.

- Aparatos, utensilios y medios de medición:
 - a. balanza técnica de 50 kg como mínimo y valor de división de un gramo,
 - b. estufa con capacidad mínima de temperatura de 150 °C y regulación automática,
 - c. estanque, bandeja o cubeta adecuada para que las muestras queden totalmente sumergidas en agua,
 - d. paños para secar,
 - e. parrilla metálica,
 - f. hacha de albañil.
- Preparación de la muestra para ensayo:
 - a. El canto puede ensayarse entero o una sección del mismo. En este caso se ensayó una porción se tomaron los cantos que conforman la muestra y mediante el uso del hacha o picoleta donde se extrajo una porción de los mismos con una masa mínima de 1kg, cuidando que la misma no se dañe o se agriete. Dejándolas debidamente identificadas.

Procedimiento.

Se colocaron las porciones, (una de cada canto) en la estufa, separadas entre sí y se secaron hasta masa constante. Se extrajeron y se dejaron enfriar el tiempo necesario para que puedan manipularse sin uso de protección, se realizaron dos o tres pesadas por

intervalos de una hora; no difiriendo del 1% y se tomó la última pesada como la masa constante.

Luego las porciones se colocaron dentro del estanque lleno de agua de forma que éste los cubra totalmente, dejándolos en reposo sumergidas 24hrs. Se extrajeron y se dejaron escurrir sobre las parrillas metálicas. El agua superficial se eliminó con un paño húmedo secándolos hasta que perdieron el brillo y sin exponerlas al sol durante este proceso; se cubrieron con paños húmedos conduciéndolas así hasta la balanza, se pesaron y se determinó la masa húmeda.

Expresión de los resultados:

La absorción de agua de cada muestra (A_i) se calcula por la fórmula siguiente:

$$A_i = \frac{M_{hi} - M_{si}}{M_{si}} \quad (2.3)$$

- Donde:
 - a. A_i absorción de la muestra (%),
 - b. M_{hi} masa húmeda de cada unidad de la muestra (kg),
 - c. M_{si} masa seca de cada unidad de la muestra (kg.).

La absorción promedio (A_m) se calcula por la fórmula siguiente:

$$A_m = \frac{\sum_{x=1}^n A_i}{n} \quad (2.4)$$

- Donde:
 - a. A_i absorción de cada unidad de la muestra de ensayo (%),
 - b. A_m absorción promedio (%),
 - c. n número de cantos de la muestra de ensayo.

Los resultados se aproximarán hasta la décima y se mostraran en el capítulo tres.

2.5. Determinación de la resistencia a compresión.

La no existencia de una normativa dirigida al canto, supuso un búsqueda y recopilación de información para encontrar una normativa que tuviera puntos en común, tomándose finalmente aquellas que según el análisis de expertos en el laboratorio se adecuaban mejor al material a analizar, seleccionándose de esta forma la NC 247-2010 Bloques huecos de hormigón seleccionando los epígrafes: 6.3.2 hasta el 6.5.18 excluyendo los epígrafes: 6.4.4, 6.5.4 y 6.5.5 ya que no se ajustan al material a estudiar.

Este método se establece para determinar el valor de la resistencia media a la compresión de los cantos. Cada canto que constituye la muestra de ensayo es sometido a una carga de compresión hasta la rotura determinándose la resistencia a la compresión promedio según dice la NC 247-2010 Bloques huecos de hormigón.

- Equipos, utensilios y medios de medición:
 - a. máquina para ensayo a la compresión con capacidad mínima de 1500 kN,
 - b. hacha de albañil o lima de grano grueso,
 - c. masetas niveladas con superficie pulida (terrazo, mármol, madera o metálica),
 - d. nivel de burbuja,
 - e. espátula,
 - f. cemento gris P -35,
 - g. bandeja metálica,
 - h. yeso rápido, lento o arena sílice.

Procedimiento.

Se eliminaron las irregularidades o exceso de materiales en las caras de los cantos; para ello se utilizó el hacha de albañil y la lima de grano grueso.

Se colocó una capa de pasta sobre la superficie de carga y apoyo de los cantos con el fin de nivelar estas, para ello se apoyó la muestra en la meseta nivelada. Se aplicó una capa de aceite desmoldante para evitar la adherencia entre las capas de nivelación y la meseta.

La capa de nivelación de la superficie de carga y apoyo estaba constituida por un mortero de cemento gris P-35 y yeso con una proporción de 4:1 (4 partes de cemento con una parte de yeso), se adicionó agua hasta que adquirió una consistencia pastosa capaz de asentar el bloque y no disgregarse bajo su peso. La resistencia a compresión de los

morteros fue superior a la especificada para los bloques cumpliendo así con la norma y con las características del material ensayado.

Para la aplicación de la capa de nivelación, se vertió el mortero preparándose la superficie engrasada y se esparció con la cuchara de albañil formando una capa uniforme, rápidamente se colocó el canto sobre esta capa comprobándose su perpendicularidad con la base por medio de un nivel de burbuja en posición vertical acomodándolo con golpes ligeros con el mango de la cuchara de albañil hasta que quedó bien asentado el canto, se retiró el material sobrante por los lados una vez rematados estos con un movimiento de la espátula entrante hacia arriba.

Al notarse el endurecimiento de la mezcla antes de las dos horas de colocado el recape, se realizó un leve movimiento sobre el plano horizontal al canto evitando su adherencia a la meseta, después retirándose de la misma y se colocó de forma vertical evitando dañar la capa de nivelación en las esquinas.

Se limpió la meseta y se repitió el mismo proceso para aplicar la segunda capa de nivelación sobre la otra cara del canto, se comprobó el paralelismo y la verticalidad de las caras por medio del nivel de burbujas. Se esperó entre 24 horas y 72 horas para efectuar el ensayo.

Se colocó suavemente cada canto a ensayar sobre el plato inferior de la máquina de ensayos a compresión sin deslizarlo por este y sobre un área previamente determinada con un centro geométrico conocido que coincidió con el eje de carga de la máquina.

Antes de colocar el canto en la cara identificada se marcó un eje central para facilitar el alineamiento de la máquina con el mismo o en su defecto se marcó previamente el plato inferior de la máquina.

Se colocó suavemente la cara superior del canto en el plato superior de la máquina evitando que se produzcan impactos al canto y se garantizó un buen contacto entre ambas superficies.

En el momento en que la superficie de la cara superior de la prensa y el canto tuvieron contacto se aplicó una carga a velocidad constante de 5 kN/s hasta determinar el esfuerzo máximo, hasta la rotura.

Para trabajar los valores obtenidos en el laboratorio según la NC 247:2010 bloques huecos de hormigón, se procedió de la siguiente manera.

Expresión de los resultados.

La resistencia a la compresión de cada canto (R_i) se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$R_i = \frac{F_j}{a_j} \quad 2.6$$

- Donde:
 - a. R_i resistencia a la compresión de cada canto (MPa),
 - b. F_j carga de rotura,
 - c. a_j área de la sección bruta del canto.

La media de la resistencia a compresión se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$R'_m = \frac{\sum_{x=1}^n R'_i}{n} \quad 2.7$$

- Donde:
 - a. R'_m resistencia a la compresión media,
 - b. (MPa), R_i resistencia a la compresión de cada canto (MPa),
 - c. n tamaño de la muestra de ensayo.

Desviación típica (SR') se calculará mediante la expresión siguiente.

$$SR' = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^n R'_i - R'_m}{n}} \quad 2.8$$

- Donde:
 - a. Sr' valor de la desviación típica (MPa),
 - b. R'_m resistencia a la compresión media (MPa),
 - c. R_i resistencia a la compresión de cada canto,
 - d. n tamaño de la muestra de ensayo.

2.6. Determinación de la resistencia a flexión de los cantos.

El ensayo de resistencia a la flexión se realizó utilizando la NC 54-252-1983. “Determinación de la resistencia a flexión de las rocas”. Se utilizó esta norma ya que el material a ensayar es una roca sedimentaria.

El ensayo se realizó, de acuerdo a la norma, tres veces y se calculará el promedio de los resultados.

Fundamento del método: este método se basa en la medición de las cargas a la que ocurre la rotura al someter una probeta de roca colocada horizontalmente y apoyada en sus extremos.

Aparatos y utensilios.

- Máquina con carga estática para ensayos a la compresión. Límite superior de medición de 200 kN con precisión mínima de $\pm 2\%$ con velocidad de aplicación de la carga no mayor que $1,0 \text{ kN/cm}^2/\text{s}$.
- Sierra o serrote.
- Pie de rey con precisión de 0,05 mm.
- Cuatro cilindros de acero con una dureza mínima de HRC 30 y un diámetro de 25 mm.
- Dispositivos de apoyo para la probeta.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de $(105 \pm 1,5) \text{ }^\circ\text{C}$.
- Desecadora.
- Recipiente de (50 x 50 x 30) mm.
- Balanza con límite superior de pesada de 5 kg y valor de división 0,1 g.

Preparación de las probetas:

Las probetas se obtuvieron aserrando las muestras en el laboratorio.

Al preparar la probeta se tuvo en cuenta la orientación del eje longitudinal de la misma con los ejes de los elementos de la estructura geológica y también el sentido de la aplicación de la carga.

La relación que se utilizó en la confección de la probeta se utilizó una relación de 5:1, de sección cuadrada, con dimensiones de 200 mm de longitud y sección de 40 mm. Siendo la dimensión más pequeña de la probeta 10 veces mayor que el diámetro de partícula del material.

Se observó que las irregularidades de las probetas no fueran menores de $\pm 0,05$ mm.

Acondicionamientos de las probetas:

Las probetas se ensayaron en estado saturado teniendo en cuenta la gran capacidad de absorción del material y los largos períodos de tiempo que puede estar expuesto sin proporcionarle terminación.

Se midieron las dimensiones de las probetas y se calculó su volumen con un error de medición de $0,01 \text{ cm}^3$.

Se sumergió en un recipiente con agua destilada por 48 h. Se extrajo la probeta y se secó superficialmente con un paño de tela.

Procedimientos.

- Preparación y ubicación de las muestras:

Se colocó la parte inferior del dispositivo de apoyo para estabilizar la probeta y transmitir las cargas sobre la placa inferior de la máquina. Se tuvo en cuenta que los ejes de la maquina coincidieran con el del dispositivo de apoyo, se colocó en paralelo dos cilindros de acero sobre la plataforma inferior del dispositivo de apoyo. Siendo la distancia entre los ejes el 80 % de la longitud de las probetas. Se colocó el cilindro de transmisión de carga en el centro de la probeta y se procedió a la aplicación de la carga.

Cargas.

Se aplicó la carga con una velocidad que no sobrepase $1,0 \text{ kN/cm}^2/\text{s}$ y se incrementó hasta la rotura de la probeta y se anotó la carga de rotura.

Procedimiento de cálculo.

Para el cálculo de la resistencia a flexión se utilizó la siguiente fórmula

$$Gf = \frac{\sum_{i=1}^n Gfi}{n} \quad (2.9)$$

- Donde:
 - a. Gf: resistencia a la flexión promedio (kN/cm²),
 - b. Gfi: resistencia a la flexión de las probetas analizadas (kN/cm²),
 - c. n: número de probetas.

Para el cálculo de la Resistencia a flexión de cada probeta se utilizó la fórmula 2.10

$$Gfi = \frac{M_i}{W_i} \quad (2.10)$$

- Donde:
 - a. M_i: momento flector de cada probeta (kN*cm),
 - b. W_i: módulo de la sección de la probeta.

Para el cálculo del momento flector se utilizará la fórmula 2.11

$$M_i = \frac{Fm \times L}{4} \quad (2.11)$$

- Donde.
 - a. Fm: fuerza registrada en la prensa (kN),
 - b. L: longitud donde se aplicó la carga.

Para el cálculo de W_i se utilizó la fórmula 2.12

$$W_i = \frac{bh^2}{6} \quad (2.12)$$

- Donde:
 - a. b: base de la sección (cm)
 - b. h: altura de la sección (cm)

2.7. Resultados esperados.

Se espera que las propiedades físico-mecánicas de las muestras evaluadas cumplan con los parámetros establecidos en la norma cubanas y por lo tanto se generalice su utilización en la construcción.

2.8. Conclusiones del capítulo.

1. Las dimensiones más usadas en la extracción del canto van desde una longitud de 430,83 mm hasta unos 557,5 mm por lo que se puede tomar un valor promedio, entre todas las canteras, de unos 500 mm de longitud y un ancho que oscila entre los 255 mm hasta los 325 mm tomando como un posible valor promedio para su estandarización de 300 mm.
2. Las muestras tienen un espesor que va desde los 79,17 mm hasta los 94,17 mm por lo que se puede proponer un valor de espesor de 100 mm y el peso específico del canto se calculó dividiendo el peso entre el volumen del canto, dando valores de 0,001221 kg/cm³ hasta los 0,001669 kg/cm³.
3. Por ser un material pétreo, la resistencia a la flexión del material se analizó con la utilización de la NC 54-252-1983. “Determinación de la resistencia a flexión de las rocas”.

CONCLUSIONES.

1. Los cantos son rocas sedimentarias, específicamente margas, las cuales son de gran abundancia en la provincia de Matanzas, por lo que es muy común su extracción para el uso en la construcción. Los cantos son extraídos de forma manual y sin gran variación en sus métodos o herramientas, aunque pudieran ser obtenidos de forma mecanizada con el fin de obtener mayor calidad en su terminación.

2. Mediante la aplicación de las normativas se espera que las propiedades físico-mecánicas de las muestras evaluadas cumplan con los parámetros establecidos en las normas cubanas y por lo tanto se generalice su utilización en la construcción.

RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda la culminación del presente trabajo de diploma con el fin de conocer la resistencia a compresión y flexión que puedan tener las muestras estudiadas.
2. Realizar este tipo de investigación a todas las canteras de la provincia de Matanzas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsemgeest, J., Aretxabala Díez, A., Ferratges Kwekel, F. A., García Arnay, Á., Laita, E., Majarena Serrano, U., . . . Sequero López, C. (2019). *Conferencias y seminarios del doctorado en geología*. . Editado por el Departamento de Ciencias de la Tierra.
- Arellano FloresS, J., & Romero Vallejos, F. (2017). Factibilidad económica de instalar una planta de áridos en la región del Maule. *Para optar al título de Ingeniero Comercial*.
- Arrey Díaz, J. (2013). Plan de aseguramiento de la calidad de áridos usados en hormigón. Chile.
- Barredo, S. (2005). Rocas sedimentarias.
- Bustillo Revuelta, M. (2008). Los recursos minerales y los materiales de construcción.
- Cabral, P., Senna, R., & Carvalho, D. (2008). Halita, minerales, cemento.
- Calvo López, J., Alonso Rodríguez, M. A., Taín Guzmán, M., & Natividad Vivó, P. (10 de 2013). La construcción en cantería en la Galicia barroca. Las montañas del coro alto de la capilla de San Telmo de Tui. España.
- Carmona, G. (agosto de 2019). *Programa de producción local de materiales de la construcción en Matanzas: Levantar la provincia desde el polvo*. Recuperado el mayo de 2020, de GironNoticias: www.giron.cu
- Cavanilles, A. J. (1997). Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reino de Valencia.
- Cervuna, P. (2019). XI ciclo de conferencias y seminarios doctorados en geología. (D. d. Tierra, Ed.) Zaragoza, España.
- Cuevas, J. (2001). 500 años de construcciones en Cuba. Cuba: Chavín.
- Fernández, J. (1996). Geometría y función estructural en cantería. La cantería y la estereotomía de la piedra en el aprendizaje del arte de construir y otras consideraciones.
- Fernández, J. A., Lubén, L., Rodríguez, J., Corvillon, E., Soroa, P., Barrientos, N., . . . Fernández, R. (2019). *¿Cómo marcha el programa de la vivienda en Cuba? (+ Infografías, Fotos y Video)* - *Cubadebate*. Obtenido de www.cubadebate.cu

- Gallegos, J. (2012). La clasificación de las rocas sedimentarias: sugerencias para su aprendizaje.
- García Matos, C. (2016). Estudio del yeso tradicional y sus aplicaciones en la arquitectura.
- González Fuentes, A. (2016). Análisis del comportamiento anisótropo en pizarra mediante técnicas destructivas y no destructivas.
- González, D. I. (Septiembre de 2017). Pre-factibilidad técnico económica para una empresa dedicada a la extracción de áridos en la comuna de Santa Cruz.
- González, G. D. (2 de 2019). Métodos de obtención del material de cantera y principales herramientas. (Y. Z. Carnet, Entrevistador)
- Griem, W., & Griem, K. (2017). Museo virtual, Geología.
- Lineamientos. (2017). Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016.
- López Sanches, L., & Medina, S. (2017). The prevention and mitigation of the risks of mining environmental liabilities (MEL) in Colombia: a methodological proposal. Colombia.
- López, A., Rabasa, E., & Alonzo, M. Á. (2017). Layout, Construction and Surveying of Curvilinear Ribs in Late Gothic Vaults. The Case of Priego.
- Luaces, C. (2007). Los áridos y el cemento. Domènech e-learning multimedia, S.A.
- Mederos, A. R. (3 de 2019). Métodos de obtención del material de cantera y principales herramientas. (Y. Z. Carnet, Entrevistador)
- Meseguer, S., Sanfeliu, T., & Jordan, M. M. (2008). Rocas calcáreas de uso industrial en la provincia de Castellón. España.
- Miranda, E., & Pérez, G. (2017). El Desarrollo Sostenible en la actividad constructiva. Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina.
- Montes de Oca, A., & Ulloa, M. (2013). (2013). Recuperación de áreas minadas de canteras de materiales de construcción.
- Najarro, L. D. (1 de 2009). *Primeras Villas de Cuba*. Recuperado el 5 de 2020, de www.ecured.cu:

https://www.ecured.cu/index.php?title=Primeras_Villas_de_Cuba&oldid=342329
2

- Orosco. (2 de 2020). Cantería en la zona de Matanzas. (Y. Zamora Carnet, Entrevistador)
- Ortega, Y., & Millar, Y. (2014). Evaluación del potencial de la piedra de cantería para el desarrollo de la producción local de materiales de construcción en la provincia Artemisa. Artemisa, Cuba.
- Oviedo, R. (2013). *Clasificación de las canteras*. Obtenido de www.glosarios.servidor-alicante.com/mineria/clasificación-de-las-canteras: www.glosarios.servidor-alicante.com/mineria/clasificación-de-las-canteras
- Pérez, A. (1997). www.angelfire.com/mi/cantera4/. Obtenido de www.angelfire.com/mi/cantera4/.
- Pimentel, C. (2017). Síntesis y reactividad de minerales del grupo de la dolomita y fases análogas.
- Pinto, F., & Sanjurjo, A. (2011). Soluciones singulares de cantería en la construcción de un lenguaje moderno.
- Rodríguez, J. (27 de 02 de 2012). Los procesos técnicos de la cantería durante la segunda edad del hierro en el occidente de la Meseta. eSPaña.
- Rodríguez, Y. (2019). Evaluación del potencial de la piedra de cantería para el desarrollo de la producción local de materiales de construcción en Cuba. Cuba.
- Rolo, Y. (2012). Estudio del canto de la cantera de Cabezas. *Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Civil*. Matanzas, Matanzas, Cuba.
- Vento, E. (2 de 2020). Cantería en la zona de Matanzas. (Y. Zamora Carnet, Entrevistador)
- Vila, J. (19 de septiembre de 2019). *Matanzas: plan de construcción de viviendas. Avanza pese a limitaciones*. Recuperado el 20 de mayo de 2020, de acn.cu: www.giron.cu
- Villanueva, T. (2008). Los áridos en Castilla y León. Domènech e-learning multimedia, S.A.

ANEXOS

Anexo 1 Indicaciones de las dimensiones del canto.

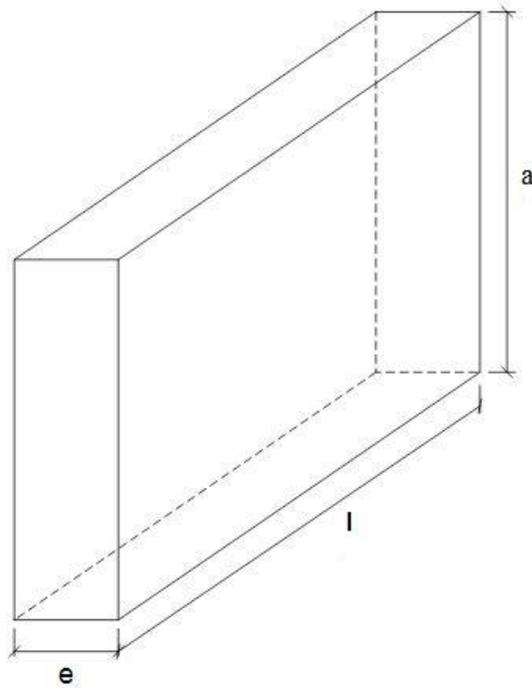


Figura 1 Esquema y dimensiones de un canto, e: espesor; l: longitud; a: ancho.