

OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ARCILLAS
PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS INDUSTRIALES DE LA MINA
“EL CIELO”.

BRENDA CAROLINA BRAVO QUINTERO

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA GEOLÓGICA
VALLEDUPAR, CESAR

2016

OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ARCILLAS PARA
LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS INDUSTRIALES DE LA MINA “EL CIELO”.

BRENDA CAROLINA BRAVO QUINTERO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO

ASESOR:

JUAN MIGUEL ORTEGA INGENIERO DE MINAS, CANDIDATO MAGISTER
EN INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y GEOMECÁNICA APLICADA A MINERÍA.

ADMINISTRADOR DE EMPRESAS YAIR GÚZMAN

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA GEOLÓGICA

VALLEDUPAR, CESAR

2016

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Ciudad y Fecha (día, mes, año)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la gobernación del cesar y a la secretaria de minas por permitirme realizar mis prácticas profesionales, así mismo agradezco a los profesores Juan miguel Ortega y al ingeniero geólogo Carlos Acuña quienes fueron guías y apoyo para el desarrollo de este proyecto.

Al señor Antonio García quien me colaboro amablemente con la realización de los ensayos de laboratorio.

A mi familia por apoyarme absolutamente en todas las metas propuestas, en especial a mi mamá quien se esforzó día a día para permitirme llegar donde hoy estoy.

A los asociados y trabajadores de la mina el cielo quienes muy amablemente me permitieron el desarrollo del proyecto y me colaboraron durante la realización de este.

Este trabajo es dedicado a mi familia, en especial a mi mamá, quienes sin duda brindaron su apoyo en mi formación académica y me impulsaron a sacar adelante mis metas. A mis profesores quienes hicieron enriquecedor todo este proyecto y aportaron un granito de conocimiento a la formación académica, y a Dios por darme la posibilidad de lograr esta meta.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	12
1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA	12
1.2 ASPECTOS ESTRATEGICOS:	13
1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL:.....	13
1.4 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS:.....	14
2. INFORME DE PRÁCTICA	16
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA EN LA QUE SE REALIZÓ LA PRÁCTICA	16
2.2 INFORME DE GESTIÓN.....	16
3. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	18
3.1 TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS INDUSTRIALES DE LA MINA “EL CIELO”.	18
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	18
4.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
4.2. JUSTIFICACIÓN.....	18
4.3. OBJETIVOS	19
4.3.1 OBJETIVOS GENERALES	19
4.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
6. GENERALIDADES.....	20
6.1. LOCALIZACIÓN	20
6.2 GEOLOGÍA.....	21
6.3 VEGETACIÓN	21
6.3 CLIMA	22
7. MARCO REFERENCIA	23
7.1 MARCO ANTECEDENTES.....	23
7.2 MARCO TEÓRICO.....	23
8. METODOLOGÍA.....	28
8.1 CRONOGRAMA	31
9. RESULTADOS.....	32
9.1 MUESTREO	32
9.2 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL DEL LADRILLO.....	33
9.3 PRUEBAS DE DOSIFICACIÓN CON CAL.....	37
10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40

11. LOGROS ALCANZADOS	43
IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE.	43
LIMITACIONES.	44
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS	48

LISTA DE TABLAS

Tabla.1.Cronograma.....	31
Tabla 2: Muestras recolectadas en el sector ladrillero.....	33
Tabla 3: propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural.....	35
Tabla 4: propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural.....	35
Tabla.5. Resultados de los ensayos uniaxiales de los ladrillos del cielo.....	37
Tabla.6. Relación porcentaje de cal Vs índice de plasticidad.....	38
Tabla.7. Resultados de ensayos uniaxiales aplicados a los ladrillos de la mina el cielo con dosificación de cal para aumentar la resistencia.....	39
Tabla 8: porcentaje de cumplimiento obtenido para cada uno de los objetivos planteados para la práctica.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura.1. Organigrama de la secretaría de minas.	14
Figura .2. Localización, mina el Cielo.....	20
Figura.3. Diagrama de la metodología desarrollada.....	28
Figura.4. Barrera donde se logra apreciar el perfil de suelo.....	32
Figura.5. Realización ensayos uniaxiales.....	36
Figura.6.Realización pruebas de dosificación.....	37
Figura.7. Mapa de resistencia inicial del ladrillo	41
Figura.8. Mapa de resistencia del ladrillo remediado con cal.	42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de muestreo	48
Anexo 2. Clasificación del suelo	49
Anexo3. Resultados pruebas de dosificación para el 1,5%, 3,5 % y 4,5% de cal	50
Anexo3.1. Resultados prueba de dosificación para el 1,5%.....	50
Anexo3.2. Resultados prueba de dosificación para el 3,5%.....	51
Anexo3.3. Resultados prueba de dosificación para el 4,5%.....	52
Anexo.4. tabla de comparación de los resultados obtenidos de las muestras naturales y las muestras dosificadas	53
Anexo.5. mapas de calidad de la arcilla en su estado inicial.....	54-55
Anexo.6 mapas de calidad de la arcilla dosificada.....	56-57

INTRODUCCIÓN

Con el fin de contribuir con el crecimiento tanto económico como social de la región se busca aportar a los alfareros de la mina el cielo la posibilidad de mejorar la calidad de sus ladrillos por medio del tratamiento de los suelos para su optimización y así mismo mejorar sus ingresos, es por esto que se llevó a cabo este proyecto para determinar la calidad de los ladrillos producidos en esta mina y buscar el mejor mecanismo que nos permita de manera económica optimizar las propiedades de las arcilla para obtener un ladrillo de usos industrial , permitiéndoles contar con un producto de buena calidad y permitirles mejorar sus ingresos, teniendo en cuenta que esta actividad es la base fundamental de ingresos en este sector.

Actualmente en Valledupar se ha desarrollado un auge en las construcciones donde desafortunadamente no se ha hecho notable el aprovechamiento y el apoyo a la pequeña minería de nuestro municipio en el campo de las arcillas , los ladrillos usados para la construcción se están trayendo en su mayoría del interior del país y esto es debido a que no se posee un mecanismo que nos permita maximizar las propiedades de las arcillas para la producción de ladrillos industriales, hemos decidido enfocar nuestro proyecto en la mina el cielo, una de las más grandes de nuestro municipio donde se tienen aproximadamente 71 familias de escasos recursos que dependen directamente de la producción de esta.

Para llevar a cabo el proyecto el autor se basó en la Norma Técnica Colombiana, NTC 4205, ya que esta establece los parámetros mínimos que deben cumplir los ladrillos y bloques cerámicos utilizados como unidades de mampostería y establece los parámetros con que se determinan distintos tipos de unidades. Así como también se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana, NTC 4017 que fija los parámetros para la realización de ensayos de laboratorio. Se busca por medio del uso de cal remediar el suelo arcilloso para optimizar las propiedades de este y que los resultados se vean reflejados al momento de la fabricación de los aumentando su resistencia con el fin de obtener los valores establecidos en la normativa.

El proyecto como tal consta de un planteamiento del problema donde se expone la problemática que están viviendo los alfareros de la mina el cielo la cual nos motivó a llevar a cabo este estudio, justificación en la cual se resalta la importancia de realizar este proyecto y los beneficios que este genera, así mismo los objetivos que se esperan lograr , los resultados donde se muestra lo obtenido después de un largo proceso de investigación y análisis obtenidos con la ejecución de los ensayos de laboratorio, las conclusiones y recomendaciones obtenidas al finalizar esta investigación donde se busca darle una solución a la problemática que aqueja esta zona.

1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Mediante Decreto 000004 del 18 de Enero de 1994, por medio del cual "...se cambia el nombre y se determina la estructura administrativa de la Secretaría de Fomento Agropecuario Industrial y Minero del Departamento del Cesar y se establecen sus dependencias..." fijó este Decreto la estructura de la División de Minas y Medio Ambiente para cumplir con la legislación minera, la delegación del Ministerio de Minas y Energía.

El proceso de la Delegación se inició exactamente en el año de 1994, mediante Resolución 8 0741 del 21 de abril, expedida por el Ministerio de Minas y Energía. Posteriormente para el año 2001, el Ministerio de Minas y Energía, continuó con la Delegación de Funciones otorgada mediante la Resolución N°181191 del 24 de septiembre de 2001, posterior a esto realizó el Convenio Interadministrativo No.OJ22 de 2001, dando cumplimiento a lo establecido en el artículo 14 de la Ley 489 de 1998.

En el año 2005 debido al buen desempeño que venía ejerciendo la Gobernación del Cesar con relación a la delegación, el Ministerio de Minas y Energía otorgó la delegación plena, es decir amplió el trámite de otorgamiento y caducidad de contratos de concesión, otorgamiento y cancelación de autorizaciones temporales, recaudo y disposición del canon superficiario entre otras, la delegación fue modificada por la Resolución 18 0926 del 25 de Julio de 2005, delegó en la Gobernación del Cesar el trámite de algunas funciones mineras por el término de dos (2) años la cual fue prorrogada a través de las Resoluciones 18 1437 de 2003, por un (1) año; 181528 del 23 de noviembre de 2004, hasta el 31 de diciembre de 2006; 181845 del 22 de diciembre de 2006, por el término de seis (6) meses; 180919 de 21 de junio de 2007, hasta el 30 de junio de 2008; 180704 del 14 de mayo de 2008, hasta el 31 de diciembre de 2008, 182331 de 15 de diciembre de 2008, hasta el 31 de diciembre de 2010; 182436 del 14 de diciembre de 2010, hasta el 30 de junio de 2011; Resolución 180746 del 12 de mayo de 2011, hasta el 31 de diciembre de 2011.

1.2 ASPECTOS ESTRATEGICOS:

MISIÓN

“La Secretaria de Minas de la Gobernación del Cesar, fue creada para adelantar la gestión institucional que permita el desarrollo sostenible del sector minero del departamento del Cesar, de tal manera que permita un crecimiento económico, social y ambiental de las comunidades, liderando y articulando con todas las instituciones y empresas las acciones necesarias que deriven en un crecimiento armónico y sustentable.”

VISIÓN

“En el 2030 la ejecución de los proyectos será cuantificada, tendrá un aprovechamiento apropiado y desarrollo sostenible con bienestar social para las comunidades mineras.”

PÓLITICA

“ Garantizar la realización de acciones técnicas y jurídicas requeridas en el desarrollo de los procesos relacionados con la actividad minera.”

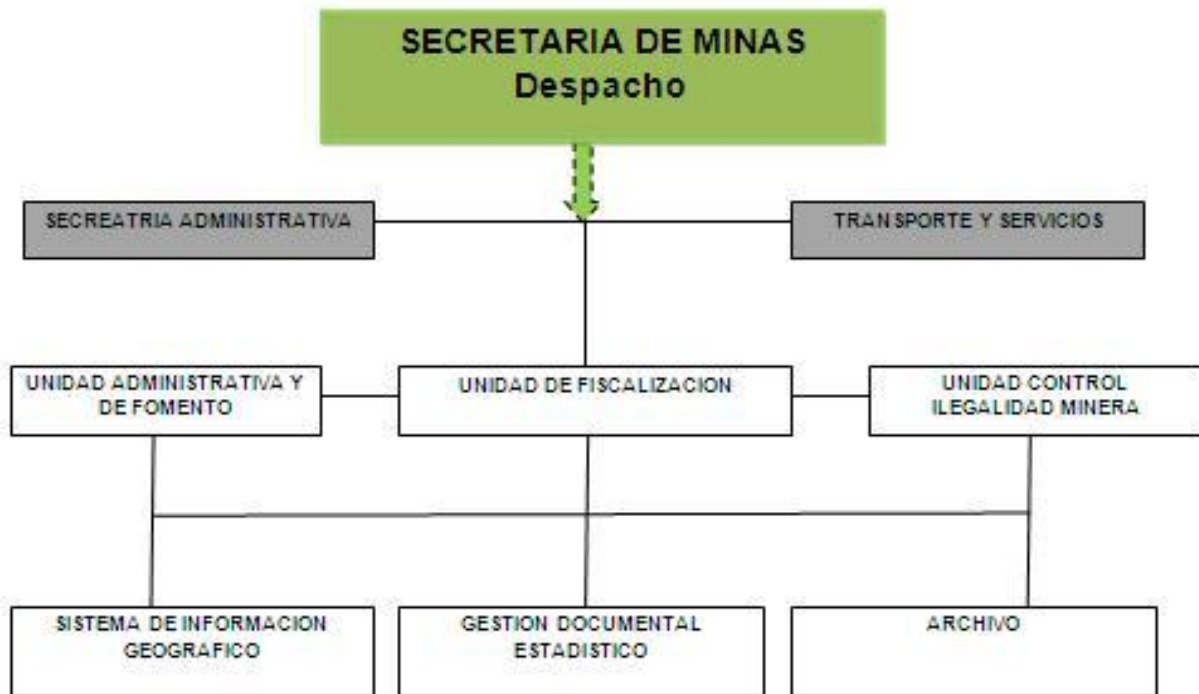
1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL:

ESQUEMA OPERATIVO.

- Unidad de Fiscalización: Abogados, Ingeniero, Geólogos, Técnicos.
- Unidad de Administrativa y de Fomento: Ingenieros, Geólogos, Especialista en Proyectos.
- Unidad de Control a la Ilegalidad Minera: Abogados, Ingeniero, Geólogos, Técnicos.

Dentro de la Estructura organizacional del Departamento estamos como una secretaria misional, con la siguiente estructura.

Figura.1. Organigrama de la secretaría de minas.



Fuente: Base de datos Secretaria de minas, Gobernación del cesar.

1.4 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS:

Actualmente la secretaría de minas se encuentra realizando las siguientes actividades:

- Competencia de seguimiento a la mediana y gran minería entre los diferentes niveles de gobierno.
- Compensación por pasivos ambientales.
- Participación de las empresas Cesarences en la cadena productiva del carbón.
- Propuesta a los empresarios mineros sobre la construcción del parque industrial.
- Alianzas público privadas para un mayor impacto de la inversión social
- Plan estratégico prospectivo de Desarrollo del corredor minero y férreo (urbanismo, productividad y competitividad)
- Responsabilidad Social Empresarial

Así mismo, se encarga de formular, ejecutar y realizar interventorías a proyectos de exploración geológica, fomento minero, planeación, adecuación, y tecnificación de explotaciones mineras, estudio de amenaza y riesgo geológico, hidrogeológico, ambientales y proyectos de investigación y transferencia de tecnología alrededor del sector minero y afines. Conscientes de las potencialidades que tiene el país para alcanzar un desarrollo minero significativo, los gobiernos Nacional, Departamental y Municipal, asumieron la tarea de evaluar las condiciones actuales en las que se encuentran los centros mineros e identificar los proyectos que deben implementarse para que ellos puedan mejorar su productividad y competitividad, y por tanto incrementar su participación en los mercados nacionales e internacionales.¹

¹ GOBRENACIÓN DEL CESAR, base de datos, secretaria de minas.

2. INFORME DE PRÁCTICA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA EN LA QUE SE REALIZÓ LA PRÁCTICA

Las prácticas empresariales son realizadas en La Secretaria de Minas de la Gobernación del Cesar, se encuentra a cargo de la secretaria de minas Carmen Galvis , fue creada para adelantar la gestión institucional que permita el desarrollo sostenible del sector minero del departamento del Cesar, de tal manera que permita un crecimiento económico, social y ambiental de las comunidades, liderando y articulando con todas las instituciones y empresas las acciones necesarias que deriven en un crecimiento armónico y sustentable.

Durante mi estadía, hice parte del equipo de ingenieros de campo, inicialmente, se llevó a cabo un proceso de fiscalización minera en todo el departamento del cesar, donde se visitaron todas las minas legales e ilegales del departamento con el fin de mirar el estado bajo el cual estas se encontraban, analizar el material de explotación y el método que usaban para finalmente persuadir a los titulares de ajustarse a un proceso de fiscalización.

Posterior al proceso de fiscalización se inició el proceso de formalización minera, de la mano del ministerio de minas y energía, donde se inició el programa piloto en la mina el cielo, aplicando unas encuestas de tipo minero, ambiental, administrativo y socioeconómico, con el fin de analizar con relación al PTO el estado de la mina y buscar mejoras en cuanto a la explotación, manejo de recursos, manejo ambiental, entre otros detalles.

2.2 INFORME DE GESTIÓN

Dentro de la secretaría de minas las funciones que me fueron delegadas iban de la mano y eran de apoyo a las que realizaba el ingeniero geólogo de dicha dependencia, entre las funciones que desempeñé estaban, apoyar en la sectorial en el análisis de información geográfica, visitar las zonas de influencia de los proyectos de promoción minera, recopilar información para la estructura de los proyectos de fomento y promoción minera, entre otras.

Así mismo fui asignada al equipo de ingenieros de campo, quienes iniciamos un proceso de fiscalización minera en todo el departamento del cesar. Que consistió en la Inspección de la actividad minera en el área del título visitado, teniendo en

cuenta los parámetros técnicos-mineros, el aspecto legal, el impacto ambiental y el cumplimiento de las normas de seguridad e higiene minera y salud ocupacional.

Me correspondió el sector sur del departamento donde visitamos varias minas con el fin de aplicar una serie de formatos que incluían desde la ubicación, el material de explotación, el método de explotación hasta las normas mínimas de seguridad y salud en el trabajo para identificar el estado bajo el cual esta se encontraba, mi función aparte de servir de apoyo a los demás ingenieros se basó en la caracterización del material de explotación, rectificar que correspondía al establecido en la documentación de la mina, y analizar desde el punto de vista geológico las condiciones de esta..

Posterior al proceso de fiscalización se inició el proceso de formalización minera, de la mano del ministerio de minas y energía, donde se inició el programa piloto en la mina el cielo, aplicando unas encuestas de tipo minero, ambiental, administrativo y socioeconómico, con el fin de analizar con relación al PTO el estado de la mina y buscar mejoras en cuanto a la explotación, manejo de recursos, manejo ambiental, seguridad y salud en el trabajo, entre otros detalles.

Cada proceso se llevó a cabo en un periodo de aproximadamente dos meses, contando con una fase de supervisión en campo y otra de oficina que consistía en llevar a cabo la realización de los informes donde se notificara todo lo encontrado durante las visitas, mi función durante esta fase consistió en realizar la parte geológica del informe con apoyo del ingeniero geólogo de la secretaria de minas. Para el desarrollo de este proceso se contó con capacitaciones realizadas tanto por el ministerio de minas relacionadas con la parte de fiscalización y formalización minera como la capacitación de seguridad y salud en el trabajo brindada por el Sena.

Hasta el momento los resultados arrojados por este proceso se encuentran en consenso con el ministerio de minas, se identificó que la mina el cielo, donde se inició el programa piloto, carece de normativa básica para el cumplimiento de las normas de salud y seguridad en el trabajo, que la asociación Coomulaval debe comprometerse a la señalización de toda la mina y que actualmente el título no está cumpliendo con lo establecido en el PTO debido a la mala organización de la mina y a los fuertes cambios climáticos, se busca como posible solución para aumentar la producción la implementación de una máquina extrusora.

3. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1 TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS INDUSTRIALES DE LA MINA “EL CIELO”.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El crecimiento desaforado de nuestra ciudad, Valledupar, ha desarrollado un auge en las construcciones donde desafortunadamente no se ha hecho notable el aprovechamiento y el apoyo a la pequeña minería de nuestro municipio en el campo de las arcillas , los ladrillos usados para la construcción se están trayendo en su mayoría del interior del país y esto es debido a que no se posee un mecanismo que nos permita maximizar las propiedades de las arcillas para la producción de ladrillos industriales, sacando provecho al vínculo que la secretaria de minas tiene con diferentes títulos mineros y a el apoyo que esta debe brindarle a estos, hemos decidido enfocar nuestro proyecto en la mina el cielo, una de las más grandes de nuestro municipio donde se tienen aproximadamente 71 familias de escasos recursos que dependen directamente de la producción de esta , con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de la arcilla para la producción de un ladrillo competente.

4.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se logrará optimizar las propiedades mecánicas de las arcillas y optimar notablemente la producción de los ladrillos remediando el suelo con cal ?

4.2. JUSTIFICACIÓN

En el corregimiento de valencia de Jesús, Cesar, se encuentra ubicada la mina el cielo cuya actividad económica de principal sustento es la explotación de arcilla para la elaboración de ladrillos artesanales, y gracias a ello tienen para el sustento diario de sus familias.

En una entrevista realizada por el periódico el Pílon Manuel de Jesús Salcedo, presidente del Consejo de Cuartillas del Cesar, agremiación que ejerce actividades en las minas de ladrillo de Valencia de Jesús, Valledupar, manifestó que el precio

del ladrillo artesanal por millar en las minas, era de 380 mil pesos hace dos años, hoy cuesta 280 mil y esto genera preocupación puesto que los costos de producción ascienden a 265 mil pesos.

Es por esto que este proyecto busca aportarle a las 71 familias, que dependen directamente de la extracción y producción de ladrillos en la mina el cielo, un mecanismo que les permita mejorar las propiedades mecánicas de las arcillas para lograr producir ladrillos competentes, aumentando de este modo sus ingresos, siendo parte de un mercado competitivo como lo es el actual auge de las construcciones en el municipio.

4.3. OBJETIVOS

4.3.1 OBJETIVOS GENERALES

Optimizar las propiedades mecánicas de las arcillas para la fabricación de ladrillos industriales de la mina “el cielo”, ubicada en el corregimiento de valencia de Jesús, municipio de Valledupar.

4.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

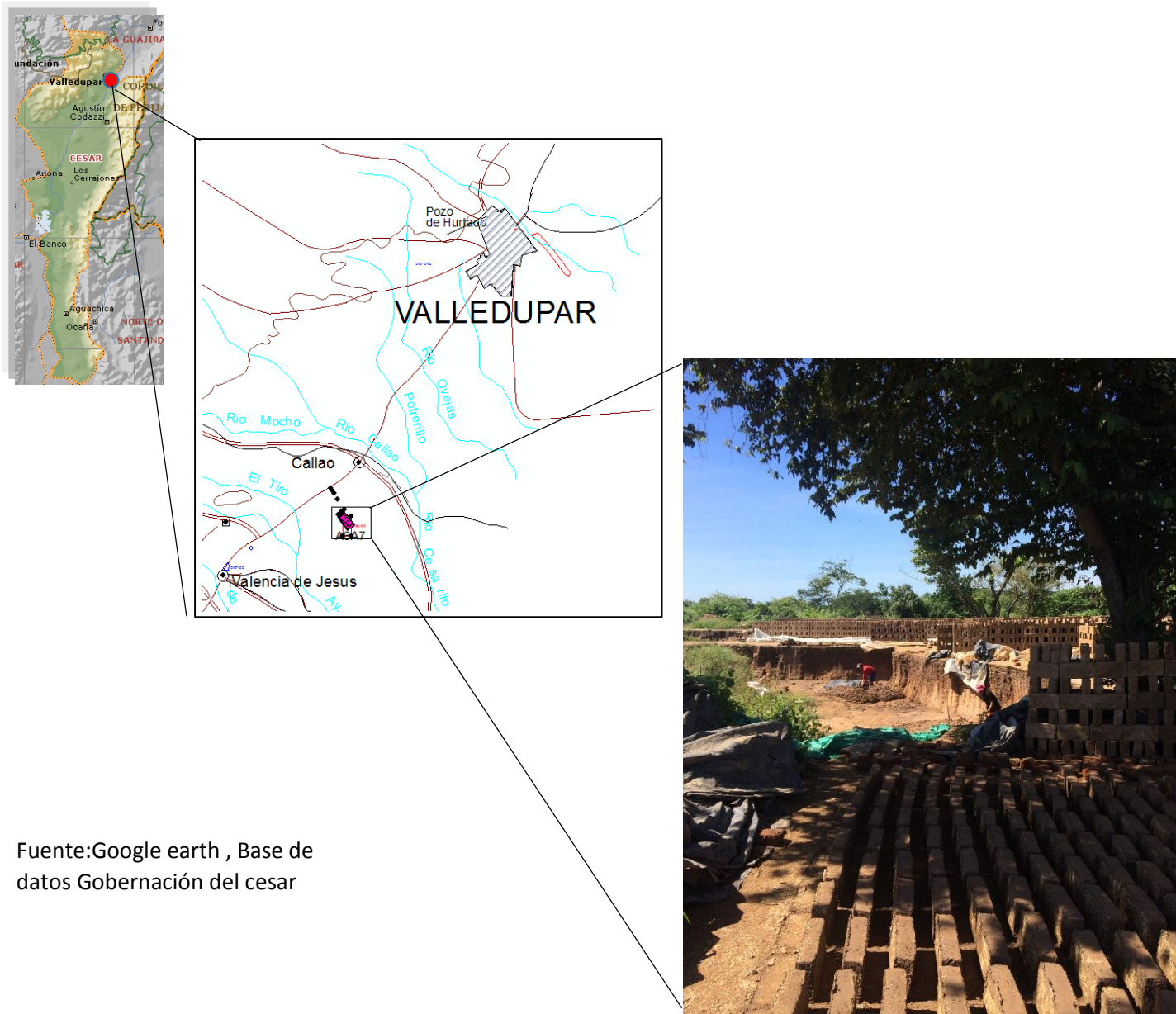
- Caracterizar la arcilla y realizar ensayos de laboratorio a los ladrillos.
- Determinar la relación entre cal y arcilla para la adecuada remediación del suelo.
- Determinar la resistencia de los ladrillos elaborados y establecer un comparativo con los ladrillos tradicionales.
- Analizar ladrillos bajo condiciones de remediación haciendo uso de ensayos de laboratorio.
- Realizar mapas de calidad de la arcilla, teniendo en cuenta el índice de plasticidad, resistencia y humedad de los ladrillos fabricados en la mina el cielo.
- Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de la realización de este proyecto.

6. GENERALIDADES

6.1. LOCALIZACIÓN

La mina “ El cielo “ de Concesión 0164-20 se encuentra localizada en el municipio de Valledupar en el Corregimiento de Valencia de Jesús, al Área se accede por el costado izquierdo de la vía que de Valledupar conduce a Bosconia.

Figura .2. Localización, mina el Cielo



Fuente: Google earth , Base de datos Gobernación del cesar

6.2 GEOLOGÍA

En el Departamento del Cesar afloran rocas Metamórficas, ígneas y Sedimentarias, cuyas edades varían desde el precámbrico hasta el Reciente. Presentándose tres regiones con características geológicas distintas, que son la región de la Sierra Nevada de Santa Marta; la región de la Serranía de Perijá, y la región Norte de la Cordillera Oriental. Las terrazas, los depósitos de pendiente y los aluviones recientes son comunes a las tres Regiones.

Las arcillas y limos se encuentran contenidas en el grupo de los Cuaternarios.

La Geología de superficie en el área de estudio corresponde a un depósito de llanura aluvial (Qlla). Constituido por limos, Arcillas y arenas de grano fino, estos por estar poco consolidados permiten el flujo de agua, tienen una porosidad y permeabilidad de media a alta.²

6.3 VEGETACIÓN

La vegetación natural que predomina en el departamento es el bosque seco tropical que se encuentra en la mayor parte de la hoya del Cesar y valle de Codazzi y en la parte plana de la región sur; en la parte central se observa el bosque húmedo tropical y en las partes altas hay variedad de bosques montañosos.

Como consecuencia de la ampliación de la frontera agrícola, el área ocupada por el bosque primario y en general por la vegetación silvestre ha sido destruida en gran parte, quedando reducida a sitios en donde la intervención antrópica no es fácilmente realizable. El departamento del César esta agrupado en grandes unidades bióticas con características similares de suelos, vegetación y fauna, que permitan darle un tratamiento adecuado a cada una de ellas. Esta forma de agrupación se conoce como BIOMA, el cual se define como el conjunto de ecosistemas afines por sus características estructurales y funcionales. El punto de partida para la clasificación de la vegetación silvestre, es la delimitación de ZONOBIOMAS (ó biomas zonales) y OROBIOMAS (ó biomas de montaña).

² INGEOMINAS, Memorias técnica del mapa geológico del Cesar, escala 1:25.000,1977.

6.3 CLIMA

El departamento del Cesar posee un clima netamente tropical; sin embargo, dada la elevación de amplios sectores de terreno desde casi el nivel del mar hasta más de 5000 metros de altitud, presenta una gran variedad climática, con todos los pisos térmicos en sus versiones secas y húmedas.

Las zonas más húmedas se localizan en las zonas montañosas del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta además de la zona sur del Departamento con precipitaciones superiores a los 3000 mm anuales; menos húmedas resultan las planicies de Aguachica y el centro del Departamento (1500-2000 mm); Sectores secos con precipitaciones en torno a los 1000 mm se encuentran en el Valle del Cesar, Codazzi, El Copey, Bosconia y el resto del Departamento; Hay algunos semi desiertos o estepas de corta extensión y de forma aislada en los sectores como Guacoche (Corregimiento de Valledupar) y Las Pitillas (Corregimiento de San Diego).

A nivel térmico se presentan fajas de terreno que dan lugar a diversos tipos climáticos; por debajo de los 800 m.s.n.m se encuentra la "Tierra Caliente" donde se asientan los principales centros urbanos como Valledupar, Aguachica, Codazzi y Bosconia, con temperaturas superiores a los 28 °C de media anual, además de la mayoría de la población y las actividades económicas; entre los 800 y 2000 metros de altura se encuentra la "Tierra Templada" donde se encuentran cuatro cabeceras municipales, Pueblo Bello en la Sierra Nevada de Santa Marta con 20 °C de temperatura media, y Manaure, González y Río De Oro con 24 °C, 20 °C y 21 °C respectivamente. En este sector es importante la agricultura en donde además de algunos productos hortícolas como frijol, cebolla y cilantro, se ubican grandes fincas cafeteras, dando al departamento un puesto importante en la producción del grano a nivel Nacional y el primero en la Región Caribe Colombiana. El Piso térmico frío ubicado entre 1800 y 2900 m.s.n.m presenta temperaturas medias anuales entre 17 y 10 °C, encontrándose poco poblado y sin mayor explotación agrícola salvo por algunos poblados como Guatapurí, Nabusímake y Sabana Rubia donde se encuentran plantaciones de papa y mora; por encima se ubican los páramos con temperaturas medias inferiores a 10 °C. La zona de nieves perpetuas se alza a partir de los 4800 m.s.n.m siendo las temperaturas medias inferiores a 0 °C.³

³ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI IGAC , Características geográficas del departamento del Cesar, 1996.

7. MARCO REFERENCIA

7.1 MARCO ANTECEDENTES

Daniel Andrés cotes García y David Michael Núñez Vargas (2012), Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, Cesar. Presentaron Proyecto de Investigación del Semillero de Investigación en Resistencia de Materiales – SIRMA para optar al título de Ingeniero de Minas titulado : Determinación de la calidad de los ladrillos producidos en las canteras de valencia de Jesús, las casitas y el cielo, en el municipio de Valledupar – cesar, a partir de la obtención experimental de su resistencia última. Cuyo objetivo general es determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados en las canteras de Valencia de Jesús, Las Casitas y El Cielo, departamento del Cesar. Este documento permitió un visión más claro de lo que se debía realizar para obtener y analizar la resistencia a la compresión simple de los ladrillos de igual modo destaca la importancia de la obtención de una resistencia y de ciertos parámetros ideales para hacer mucho más eficiente y segura las edificaciones que se realicen.

Sara Fanny Álvarez Guerrero (2014), Universidad de Cuenca, Ecuador, Presentó Tesis para optar por el título de ingeniero Químico titulada: Optimización del proceso de mezcla de arcilla para la producción de ladrillos, en el sector artesanal, Cuyo objetivo es buscar la dosificación óptima entre arcilla arenosa y plástica para la elaboración del ladrillo en el sector de cuenca. Este documento nos permitió analizar y entender el comportamiento de las arcillas y los ladrillos frente a diferente dosificación entre las mezclas, teniendo en cuenta que lo alfareros de la mina el cielo no utilizan ningún tipo de dosificación, esta podría ser una alternativa de mejora.

7.2 MARCO TEÓRICO

Para la realización de este proyecto de grado se tuvo en cuenta lo establecido por el Instituto de norma técnica colombiana que es el organismo nacional de normalización según lo establecido en el decreto 2269 de 1993, entre sus labores se destaca la reproducción de normas de calidad para empresas y actividades profesionales, como lo son la normas técnicas colombianas, NTC 4205 ,que establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos y bloques cerámicos utilizados como unidades de mampostería y fija los parámetros con que se

determinan distintos tipos de unidades.⁴ Y la NTC 4017 que cubre los procedimientos de muestreo y ensayo de unidades de mampostería de arcilla, bloques de arcilla y de otros productos tales como adoquines, tejas, etc.⁵

También es fundamentales la realización de ensayos de laboratorio para estudiar el comportamientos de Las arcillas y ladrillos bajo ciertos parámetros , todo esto se lleva a cabo mediante la realización de ensayos como El ensayo de compresión no confinada, también conocido con el nombre de ensayo de compresión simple o ensayo de compresión uniaxial, es muy importante en Mecánica de Suelos, ya que permite obtener un valor de carga última del suelo, el cual, como se verá más adelante se relaciona con la resistencia al corte del suelo y entrega un valor de carga que puede utilizarse en proyectos que no requieran de un valor más preciso, ya que entrega un resultado conservador. El ensayo de compresión simple Tiene por finalidad, determinar la resistencia a la compresión no confinada (q_u), de un cilindro de suelo cohesivo o semi-cohesivo, e indirectamente la resistencia al corte. El ensayo de la compresión simple es un caso especial del ensayo triaxial, en el cual solamente se le aplica a la probeta la tensión longitudinal. Puesto que no es necesario el dispositivo para aplicar la presión lateral, y como, además, la muestra no necesita estar en vuelta en una membrana de caucho, este ensayo se ha convertido en un ensayo sencillo de campo. El aparato es tan solo útil para ensayos rápidos sobre suelos predominantemente arcillosos que están saturados o casi saturados. Se podrá realizar de dos maneras, mediante un control de deformación o bien, mediante un control de esfuerzos. El primero, es ampliamente utilizado, controlando la velocidad de avance de la plataforma del equipo. El segundo, requiere ir realizando incrementos de carga, lo que puede causar errores en las deformaciones unitarias al producirse una carga adicional de impacto al aumentar la carga, por lo que resulta de prácticamente nula utilización.

El ensayo de la compresión simple es un caso especial del ensayo triaxial, en el cual solamente se le aplica a la probeta la tensión longitudinal. Puesto que no es necesario el dispositivo para aplicar la presión lateral, y como, además, la muestra no necesita estar en vuelta en una membrana de caucho, este ensayo se ha convertido en un ensayo sencillo de campo. El aparato es tan solo útil para ensayos rápidos sobre suelos predominantemente arcillosos que están saturados o casi saturados. Se podrá realizar de dos maneras, mediante un control de deformación o bien, mediante un control de esfuerzos. El primero, es ampliamente utilizado,

⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. ICONTEC, 2000.p 1(NTC 4205)

⁵ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método para muestreo y ensayo de unidades para mampostería y otros productos de arcilla.ICONTEC,2005 ,p1 (NTC 4017)

controlando la velocidad de avance de la plataforma del equipo. El segundo, requiere ir realizando incrementos de carga, lo que puede causar errores en las deformaciones unitarias al producirse una carga adicional de impacto al aumentar la carga, por lo que resulta de prácticamente nula utilización.⁶

Con el fin de remediar el suelo y lograr de esta forma optimizar sus propiedades para producir un ladrillo industrial se aplicó la cal como mecanismo de remediación, que puede ser utilizada en el tratamiento de suelos, en varios grados o cantidades, dependiendo del objetivo. La estabilización del suelo cambia considerablemente las características del mismo, produciendo resistencia y estabilidad a largo plazo, en forma permanente, en particular en lo que concierne a la acción del agua. La cal, sola o en combinación con otros materiales, puede ser utilizada para tratar una gama de tipos de suelos. Las propiedades mineralógicas de los suelos determinarán su grado de reactividad con la cal y la resistencia final que las capas estabilizadas desarrollarán. En general, los suelos arcillosos de grano fino (con un mínimo del 25 por ciento que pasa el tamiz 200 -75µm- y un Índice de Plasticidad mayor que 10) se consideran buenos candidatos para la estabilización. Los suelos que contienen cantidades significativas de material orgánico (mayor que 1 por ciento) o sulfatos (mayor que el 0.3 por ciento) pueden requerir cal adicional y/o procedimientos de construcción especiales.

Existen otros dos tipos importantes de tratamiento con cal utilizado en operaciones de construcción: Primero, debido a que la cal viva se combina químicamente con el agua, puede ser usada con eficacia para secar suelos mojados. El calor generado por esta reacción también contribuye a secar los suelos mojados. La reacción con el agua ocurre incluso si los suelos no contienen fracciones arcillosas significativas. Cuando las arcillas están presentes, la reacción química de la cal con las arcillas, seca aún más los suelos. El efecto neto es que el secado ocurre rápidamente, dentro de un lapso de horas, permitiendo al contratista compactar el suelo mucho más rápidamente que si esperara que el suelo se seicara por la evaporación natural. El secado del suelo húmedo en obras de construcción es uno de los usos más amplios de la cal para el tratamiento de suelos. La cal puede ser utilizada para uno o varios de los siguientes casos: ayudar a la compactación, secar las áreas húmedas; mejorar la capacidad soporte; proporcionar una plataforma de trabajo para la construcción subsiguiente; y acondicionar el suelo (hacerlo trabajable) para una posterior estabilización con cemento Portland o con asfalto. Generalmente,

⁶ Jiménez J., Geotecnia y Cimientos I, Editorial Rueda, Madrid, 1971, p. 267, 268, 275-278. Terzaghi K., Peck R., Mecánica de Suelos, El Ateneo, Buenos Aires, 1973, p. 96-98. Head K., Manual of Soil Laboratory Testing, Pentech Press, London, 1982, p. 581-585, 601-607.

entre 1 y 4 por ciento de cal secará un sitio mojado suficientemente para permitir que procedan las actividades de construcción. Segundo, el tratamiento con cal puede mejorar considerablemente la trabajabilidad y la resistencia a corto plazo del suelo, de tal forma que permite que los proyectos puedan ser ejecutados más fácilmente. Los ejemplos incluyen tratamiento de suelos finos o materiales de base granular para construir caminos temporales u otras plataformas de construcción. Típicamente se utiliza del 1 al 4 por ciento de cal en peso con respecto al suelo para la modificación, que es generalmente una menor cantidad que la utilizada para la estabilización permanente de suelos. Los cambios hechos al suelo modificado con cal pueden o no ser permanentes. La diferencia principal entre la modificación y la estabilización es que, con la modificación, generalmente no se le concede ningún crédito estructural a la capa modificada con cal en el diseño de pavimento. La modificación con cal trabaja mejor en suelos arcillosos.

Cuando la cal y el agua se añaden a un suelo arcilloso, comienzan a ocurrir reacciones químicas casi inmediatamente:

1. Secado: Si se usa la cal viva, la misma se hidrata inmediatamente (i.e., químicamente se combina con el agua) y libera calor. Los suelos se secan, porque el agua presente en el suelo participa en esta reacción, y porque el calor generado puede evaporar la humedad adicional. La cal hidratada producida por estas reacciones iniciales, posteriormente reaccionará con las partículas de arcilla (como se discute posteriormente). Estas reacciones subsecuentes, lentamente producirán un secado adicional porque las mismas reducen la humedad, mejorando el soporte. Si se utilizan la cal hidratada o la lechada de cal hidratada, en lugar de la cal viva, el secado ocurre sólo por los cambios químicos del suelo, que reducen su capacidad para retener agua y aumentan su estabilidad.

2. Modificación: Después de la mezcla inicial, los iones de calcio (Ca^{++}) de la cal hidratada emigran a la superficie de las partículas arcillosas y desplazan el agua y otros iones. El suelo se hace friable y granular, haciéndolo más fácil para trabajar y compactar. En esta etapa, el Índice de Plasticidad del suelo disminuye drásticamente, así como lo hace su tendencia a hincharse y contraerse. El proceso, llamado "floculación y aglomeración", generalmente ocurre en el transcurso de horas.

3. Estabilización: Cuando se añaden las cantidades adecuadas de cal y agua, el pH del suelo aumenta rápidamente arriba de 10.5, lo que permite romper las partículas de arcilla. La determinación de la cantidad de cal necesaria es parte del proceso de diseño y se estima por pruebas como la de Eades y Grim (ASTM D6276). Se liberan la sílice y la alúmina y reaccionan con el calcio de la cal para formar hidratos de calcio-silicatos (CSH) e hidratos de calcio-aluminatos (CAH). CSH y CAH que son productos cementantes similares a aquellos formados en el cemento de Portland.

Ellos forman la matriz que contribuye a la resistencia de las capas de suelo estabilizadas con cal. Cuando se forma esta matriz, el suelo se transforma de un material arenoso granular, a una capa dura relativamente impermeable, con una capacidad de carga significativa. El proceso se inicia en unas horas y puede continuar durante años, en un sistema diseñado correctamente. La matriz formada es permanente, duradera, y significativamente impermeable, produciendo una capa estructural que es tan fuerte como flexible.⁷

⁷ NATIONAL LIME ASOCIATION, manual de estabilización de suelo tratado con cal estabilización y modificación con cal, LIME 2004, Boletín 326,

8. METODOLOGÍA

Figura.3. Diagrama de la metodología desarrollada



Fuente: La autora.

El proyecto de investigación es de tipo experimental, Según el autor Santa Palella y Feliberto Martins (2010), es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. En este proyecto se produce una modificación al estado inicial del suelo y bajo ciertos parámetros se le va aplicando un aditivo con el fin de obtener un valor final que nos permita remediarlo y mejorar sus propiedades, la investigación es de tipo cuantitativa ya que se maneja un diseño experimental desarrollado por la autora , incluyendo ensayos de laboratorios, a su vez es de tipo cuantitativa ya que se tienen durante el desarrollo de este un proceso observacional para determinar ciertas características físicas del medio y de la arcilla.

La metodología a desarrollar consta de cinco fases

Fase 1: Fase preparatoria

Esta fase consiste en revisión de libros, artículos, investigaciones, etc., relacionados con nuestro objeto de estudio, con la finalidad de identificar temas clave y tener un conocimiento previo de lo que vamos a desarrollar.

A su vez la revisión del mapa geológico de la zona, conocer el área donde se llevara a cabo el estudio y realizar una socialización del proyecto.

Fase 2: Fase campo

Esta fase consiste en la obtención de datos de acuerdo con los objetivos establecidos. Se visita la zona, localizada en el municipio de Valledupar en el Corregimiento de Valencia de Jesús, al Área se accede por el costado izquierdo de la vía que de Valledupar conduce a Bosconia. Se estipuló un modelo de muestreo sistemático no alineado, donde las unidades de muestreo se encuentran equidistantes y buscando cubrir toda el área de estudio. La caracterización de la arcilla se realizará según lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 4017, así mismo los ensayos de laboratorio uniaxiales que se re le realizaran a los ladrillos estarán regidos bajo esta normativa.

Fase 3: Fase analítica

De acuerdo con Rodríguez, Gil y García (1996) se trata de un “conjunto de manipulaciones, transformaciones, operaciones, reflexiones y comprobaciones realizadas a partir de los datos con el fin de extraer significado relevante en relación a un problema de investigación”. En esta fase se analiza la información obtenida en campo, se analizan los datos tomados y se realiza una selección de datos relevantes y otros no muy relevantes, se debe realizar estudios de suelo y se deberá elaborar ladrillos con las muestras de arcillas tomadas en cada punto para someterlo posteriormente a ensayos de laboratorio.

Se desarrolla un método cuantitativo para estimar la relación adecuada de cal y arcilla que nos permita mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos y compararlos con los valores requeridos en la Norma Técnica Colombiana NTC 4205.

Fase 4: Remediación del suelo

Una vez determinado el porcentaje adecuado de cal/arcilla, se analizan las propiedades de los ladrillos para la producción de ladrillos industriales bajo

condiciones de remediación dadas, donde nuevamente se lleva a cabo los ensayos uniaxiales y los resultados son comparados con la normativa NTC 4205.

Con la información obtenida se procede a la arcilla Realizar mapas de calidad de la arcilla, teniendo en cuenta el índice de plasticidad, resistencia y humedad, datos obtenidos de la caracterización de la arcilla, de los ladrillos fabricados en la mina el cielo.

Fase 5: Fase Informativa

Esta última fase consiste en la realización y socialización del proyecto de grado, donde se plasmará todos los datos obtenidos durante la investigación bajo una estructura adecuada para la realización de este, tiene como finalidad exponer todo lo relacionado con el desarrollo de este proyecto para llegar a unas conclusiones y recomendaciones finales.

8.1 CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	PERÍODO:															
	MES:AGOSTO				MES:SEPTIEMBR E				MES:OCTUBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA			X	X												
REALIZACIÓN DEL ANTEPROYECTO					X	X	X									
PRESENTTACIÓN DEL ANTE PROYECTO ANTE EL CONCEJO								X								
APROBACIÓN DEL PROYECTO POR PARTE DEL CONSEJO												X				
SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO EN LA MINA EL CIELO									X			X				
REALIZACIÓN DE APIQUES MUESTREO EN CAMPO									X				X			
ACTIVIDADES	PERÍODO:															
	MES:OCTUBRE				MES:NOVIEMBRE				MES:DICIEMBRE				MES:			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ENVÍO DEL INFORME AL TUTOR		X														
ENSAYO UNIAXIAL A LOS LADRILLOS			X													
CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS					X											
ENVÍO DE INFORME ALTUTOR				X												
PRUEBAS DE DOSIFICACIÓN						X										
FABRICACIÓN DE LADRILOS CON DOSIFICACIÓN OBTENID						X										
CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS DOSIFICADAS								X								
ENSAYO UNIAXIAL DE LADRILLOS DOSIFICADOS								X								
ENVÍO DE INFORME AL TUTOR								X								
CUADRO COMPARATIVO DE LAS MEJORAS									X							
REALIZACIÓN DE MAPAS DE CALIDAD E ISOLÍNEAS										X						
ENTREGA DE INFORME										X						

Tabla.1. Cronograma.

9. RESULTADOS.

9.1 MUESTREO

Para la realización del proyecto se llevó acabo el muestreo en diferentes puntos ladrilleros dentro del área de estudio (ver mapa de muestreo en Anexo 1), se tomaron 12 muestras representativas de ladrillos de los diferentes puntos de extracción de arcilla (Tabla.2.) Analizando las barreras, que son los cortes frescos del suelo, cuyo espesor varía de 1 a 2 metros, la estratigrafía del área consta de aproximadamente dos metros de material explotable (Figura.4.) donde el horizonte A pertenece al humus, el horizonte B es de composición arcillosa y el horizonte C es de composición arcillolimososa, seguido por una un estrato arenoso. Se tomó una muestra de suelo para realizarle los estudios pertinentes (Ver clasificación del suelo, Anexo 2) El material explotable usado por los alfareros para la elaboración de sus ladrillos está compuesta por estos tres niveles, donde no se utiliza ninguna proporción al momento de extraerla o mezclarla para la elaboración del ladrillo.

Figura.4. Barrera donde se logra apreciar el perfil de suelo



Fuente: La autora

Tabla.2.Muestras recolectadas en el sector ladrillero

NÚMERO DE MUESTRA	CÓDIGO	COORDENADAS	
		X	Y
1	A1	1081618	1634468
2	A2	1081758	1634329
3	A3	1081775	1634136
4	A4	1081816	1634156
5	A5	1081957	1634073
6	A6	1081933	1633977
7	A7	1081778	1633963
8	A8	1081716	1634051
9	A9	1081655	1634218
10	A10	1081542	1634371
11	A11	1081761	1634247
12	A12	1081877	1634122

Fuente: La autora.

9.2 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL DEL LADRILLO.

Este ensayo se realizó bajo los parámetros de la NTC 4017. Y se tomó como parte fundamental para su análisis lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 4205 donde se estipula lo siguiente.

CLASIFICACIÓN

CLASES DE UNIDADES

El uso o función principal de cualquier tipo de unidad de mampostería determina la clase a que corresponde y los requisitos físicos que debe cumplir. Para efectos de esta norma, se consideran las unidades estructurales (portantes) y las unidades no estructurales (divisorios o de cierre); y las unidades de mampostería de uso exterior, o de fachada, y las unidades de uso interior.

UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE USO INTERIOR Y DE USO EXTERIOR (O DE FACHADA)

Se denominan unidades de mampostería de uso interior aquéllas que sólo son aptas para usarse en muros que no estén expuestos a la intemperie, como muros divisorios interiores que puedan estar o no a la vista, o en muros exteriores que tengan un acabado de protección de revoque o pañete, enchape u otra mampostería que impida la exposición a la intemperie. Las unidades de mampostería de uso exterior o para fachada son aptos para construir muros a la vista que estén expuestos a la intemperie. Cualquier unidad de mampostería, especificada para uso en exteriores, debe cumplir por lo menos con los requisitos de absorción determinados para ese uso. Adicionalmente, si se trata de una fachada, ésta debe cumplir, además, con las exigencias de tolerancia dimensional, distorsión, eflorescencia y límites de defectos superficiales que se presentan en esta norma. Los enchapes para fachadas deben cumplir con los requisitos de absorción de agua, textura, color y límite de defectos superficiales que se especifiquen para unidades de mampostería de uso exterior. Además, deben estar provistas de estrías, acanaladuras o salientes de anclaje por su lado inferior, de manera que se garantice la adherencia de la pieza.

UNIDADES DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (PORTANTES) Y NO ESTRUCTURAL (DIVISORIOS O DE CIERRE)

Unidades para mampostería estructural son aquéllas que se diseñan y fabrican para ser utilizadas en construcciones de tipo estructural, Además de su propio peso, dichas unidades pueden soportar otras cargas verticales y horizontales. Unidades para mampostería no estructural son aquéllas que se utilizan para muros divisorios o de cierre que únicamente atienden las cargas debidas a su propio peso. En cualquier caso e independientemente de que se cumpla con la resistencia indicada para su clase, el dimensionamiento de los muros, la cantidad de refuerzo que deben llevar, la resistencia de los muretes y los esfuerzos admisibles en el muro, deben calcularse y cumplir los métodos y especificaciones de la norma NSR-98.

REQUISITOS

PROPIEDADES FÍSICAS

Resistencia mecánica a la compresión

Las unidades de mampostería de arcilla cocida deben cumplir con la resistencia mínima a la compresión que se especifica en las Tablas 3 y 4, cuando se ensayan según el procedimiento descrito en la NTC 4017. En los ladrillos de perforación vertical, la resistencia neta a la compresión se calcula dividiéndola carga de rotura o de falla por el área neta de la sección perpendicular a la carga (se descuentan las áreas de celdas y perforaciones). En los ladrillos macizos, la resistencia neta y la resistencia bruta son iguales porque se calculan dividiendo por el área de apoyo de los ladrillos.

Tabla 3: propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural

Tipo	Resistencia mínima a la compresión Mpa(kgf/cm ²)		Absorción de agua máxima en %			
			Inferior *		Exterior*	
	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad
PH	5,0(50)	3,5(35)	13	16	13.5	14
PV	18,0(180)	15,0(150)	13	16	13.5	14
M	20,0(200)	15,0(150)	13	16	13.5	14

Fuente: Norma Técnica Colombiana 4205.

Tabla 4: propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural

Tipo	Resistencia mínima a la compresión Mpa(kgf/cm ²)		Absorción de agua máxima en %			
			Inferior *		Exterior*	
	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad
PH	3,0(50)	2,0(20)	17	20	13.5	14
PV	14,0(140)	10,0(100)	17	20	13.5	14
M	20,0(200)	10,0(100)	17	20	13.5	14

Fuente: Norma Técnica Colombiana 4205.

PH: Unidad de mampostería de perforación horizontal. (Ladrillo y bloque)

PV: Unidad de mampostería de perforación vertical. (Ladrillo y bloque)

M: Unidad de mampostería macizo (Ladrillo)

Se debe considerar defecto principal, el no cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no cumplimiento de la absorción. El no cumplimiento de la resistencia motiva además el rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la absorción queda condicionado a los demás requisitos de calidad que establece esta norma y a lo acordado entre cliente y proveedor.

Se realizaron los ensayos uniaxiales a los ladrillos obtenidos en la mina el cielo y los resultados obtenidos se encuentran registrados en la Tabla.5.

Figura .5. Realización de ensayos uniaxiales.



Fuente: La autora

Tabla.5. Resultados de los ensayos uniaxiales de los ladrillos del cielo

Referencia del ladrillo	Área (cms ²)	Fuerza KN	Resistencia Mpa
A1	465,0	437,7	1,46
A2	435,0	346,2	1,23
A3	378,0	298,3	1,22
A4	392,0	497	1,97
A5	392,0	218,5	0,86
A6	378,0	505,9	2,07
A7	378,1	254,6	1,04
A8	392,0	224,2	0,89
A9	372,4	280,9	1,17
A10	273,0	150,3	0,85
A11	267,0	265,3	1,54
A12	630,0	45,7	0,11

Fuente: La autora

9.3 PRUEBAS DE DOSIFICACIÓN CON CAL.

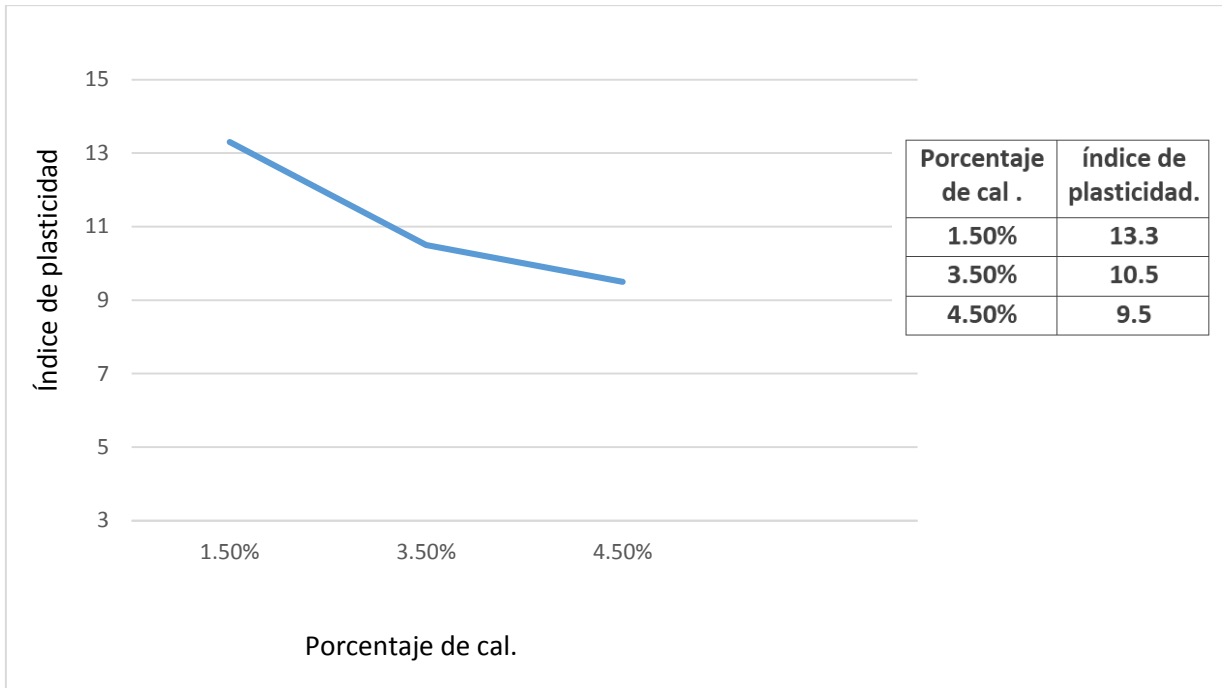
Se llevaron a cabo las pruebas de dosificación con cal con el fin de disminuir la plasticidad y aumentar la resistencia del ladrillo para lograr obtener los valores establecidos en la norma técnica NTC 4205 , los porcentajes usados para la dosificación fueron del ,1.5%, 3,5% y 4,5% de cal con relación a la arcilla (Ver resultados pruebas de dosificación en Anexo 3).



Figura.6.Realización de pruebas de dosificación.

Obteniendo los valores que aparecen en la Tabla.6. Según lo observado la relación existente entre porcentaje de cal e índice de plasticidad es inversamente proporcional ya que al aumentar el contenido de cal disminuye notoriamente el índice de plasticidad.

Tabla.6. Relación porcentaje de cal Vs índice de plasticidad.



Fuente: La autora

Una vez realizado las pruebas de dosificación se procedió a realizar el ladrillo usando un 4,5% de cal en la mezcla, realizando nuevamente el ensayo de compresión simple o uniaxial obteniendo los valores de la Tabla.6, donde es evidente la disminución del índice de plasticidad al aumentar el porcentaje de cal en la muestra.

Tabla.7. Resultados de ensayos uniaxiales aplicados a los ladrillos de la mina el cielo con dosificación de cal para aumentar la resistencia

Referencia del ladrillo	Área (cms ²)	Fuerza KN	Resistencia Mpa
A1	465,0	437,7	4,32
A2	435,0	346,2	4,13
A3	378,0	298,3	4,21
A4	392,0	497	5,04
A5	392,0	218,5	3,96
A6	378,0	505,9	5,97
A7	378,1	254,6	4,04
A8	392,0	224,2	3,79
A9	372,4	280,9	4,20
A10	273,0	150,3	3,76
A11	267,0	265,3	4,09
A12	630,0	45,7	3,11

Fuente: La autora.

Es evidente que al adicionar la cal como mecanismo de remedición , el suelo logra aumenatr notoriamente sus propeeades. (Ver tabla de comparación de los resultados obtenidos de las muestras naturales y las muestras dosificadas Anexo .4.) Convirtiéndolo en un material más útil y de mejor calidad para la elaboración de productos derivados de él, en este caso de los ladrillos.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

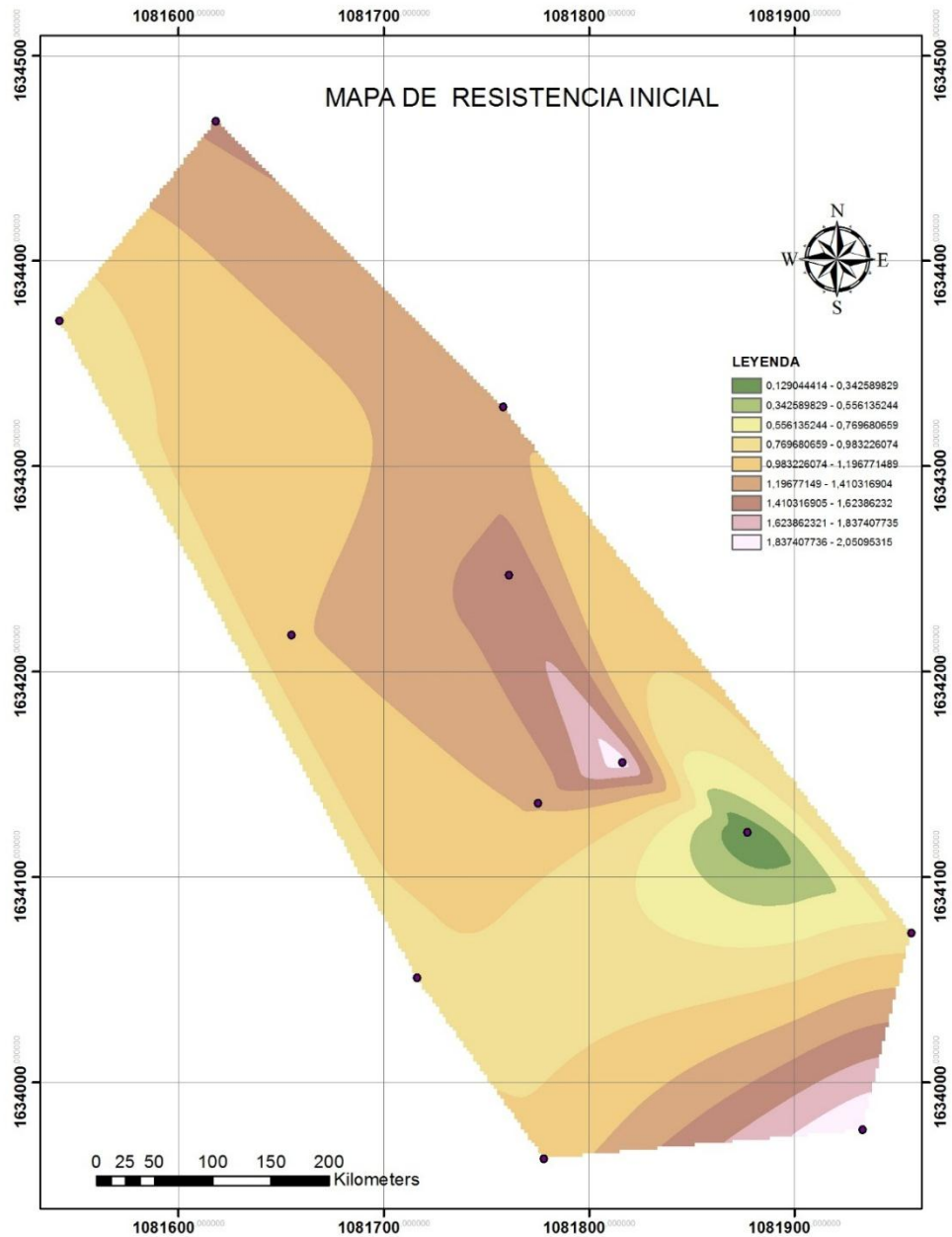
Los resultados obtenidos del ensayo uniaxial en la Tabla.5. Hacen referencia a la resistencia de los ladrillos que elaboran en la mina el cielo, tomados de diferentes frentes de explotación arrojándonos valores muy por debajo de lo establecido en la en las Tablas 3 y 4 de los valores establecidos por la NTC 4205 para la elaboración de ladrillos industriales para uso de mampostería estructural y no estructural.

Con las pruebas de dosificación y los valores obtenidos en la Tabla.5. Pudimos determinar la dosificación adecuada para la elaboración del ladrillo, siendo más apto la relación del 4,5% de cal y el 95,5 de arcilla.

Una vez obtenida la relación de cal graficada en Tabla.6. , donde se aprecia la relación inversamente proporcional entre el índice de plasticidad y porcentaje de cal, se procedió a la elaboración del ladrillo haciendo uso de este método de remediación para llevar a cabo posteriormente la realización del ensayo uniaxial obteniendo como resultado los datos registrados en la Tabla.7. Donde se nota un evidente aumento en la resistencia de estos nuevos ladrillos. Sin embargo los valores obtenidos no cumplen aún con los estándares mínimos según lo estipulado en la norma, haciendo un análisis de los resultados obtenidos y del comportamiento de la arcilla se pudo inferir que el mantener resultados muy por debajo de los estándares puede estar asociado a las propiedades intrínsecas de la arcilla de la zona.

En las figuras .7. y 8 tenemos los mapas de resistencia de los ladrillos, uno con la resistencia inicial y el otro con la resistencia dosificada , donde se puede ver la distribución de la resistencia en el área, manteniendo hacia el centro los valores más bajos de resistencia y hacia el SE y NW los valores más altos de resistencia, teniendo en cuenta también los valores obtenidos en los mapas de humedad e índice de plasticidad dosificados y sin dosificación (ver anexos 5 y 6) donde se observa este mismo patrón , hacia el centro las arcillas de más baja calidad y hacia el SE y NW las arcilla de mejor calidad.

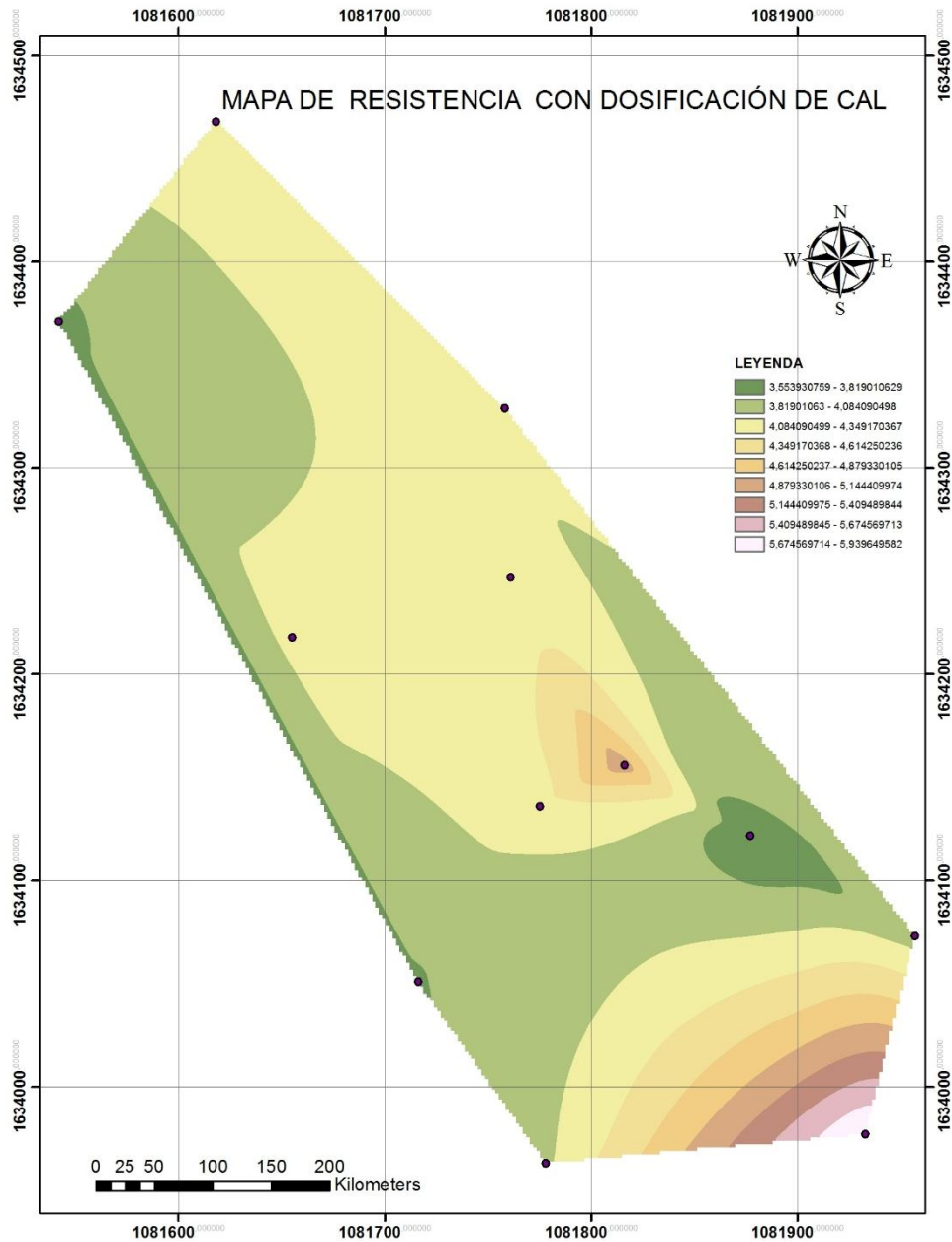
Figura.7. Mapa de resistencia inicial del ladrillo.



Fuente: La autora

En la Figura.7. Tenemos el mapa de resistencia inicial, datos arrojados por los ladrillos fabricados en el área de estudio de forma artesanal, podemos observar que la mayores resistencias dentro del área, representadas por los colores blanco, rosado, café, y naranja, se encuentran hacia los extremos de estas, en direcciones SE y NW, mientras que el área con valores más bajos, representados por los colores amarillo, verde claro y verde oscuro, se encuentran hacia el centro del área de estudio.(Ver mapas de calidad de la arcilla en su estado inicial, Anexo.5.)

Figura.8. Mapa de resistencia del ladrillo remediado con cal.



Fuente: La autora

En la Figura.8. Tenemos el mapa de resistencia dosificado, datos arrojados por los ladrillos fabricados con la dosificación de cal, podemos observar que la mayores resistencias dentro del área, representadas por los colores blanco, rosado, café, y naranja, se encuentran hacia los extremos de estas, en direcciones SE y NW, mientras que el área con valores más bajos, representados por los colores amarillo, verde claro y verde oscuro, se encuentran hacia el centro del área de estudio. Observando un aumento en las resistencias obtenidas. (Ver mapas de calidad de la arcilla dosificada Anexo.6.)

11. LOGROS ALCANZADOS.

Tabla.8. porcentaje de cumplimiento obtenido para cada uno de los objetivos planteados para la práctica.

OBJETIVOS	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Realizar mapas de calidad de la arcilla.										
Proponer una remediación del suelo										
Realización ensayos de laboratorio para										
Sensibilizar a la comunidad										

IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE.

Durante la realización de las prácticas y del proyecto adquirí un gran conocimiento en cuanto a una de las materias que impulsan el desarrollo de nuestra región como lo es la minería, pude entender cómo deben trabajar y bajo que parámetros legales, adquirí experiencia en este campo, a desenvolverme en este entorno y a cumplir compromisos tanto profesionales como legales.

Cuando uno tiene la oportunidad de trabajar en un campo como lo es la pequeña minería se encuentra con que alrededor de esta giran un sin número de problemas , sobre todo de aspecto social, las personas que realizan esta laborar muchas veces son personas de escasos recursos que han visto en la pequeña minería una oportunidad de crecimiento, que es lo que me motivó a llevar a cabo la realización de este proyecto , como ingenieros geólogos estamos en condición de aportar desde el punto de vista profesional y humano mecanismos de mejora y tecnificación a las pequeñas minerías, que les permitan sacar aprovechamiento de los recursos explotables de la mejor forma, siendo este el mejor aprendizaje adquirido durante la realización de mis prácticas en la secretaria de minas del departamento del Cesar.

LIMITACIONES.

Durante el desarrollo de las prácticas , la mayor limitación se me presento al momento de realizar el proyecto, debido a el limitado acceso que tenía para utilizar algunos equipos de laboratorio , debido a la falta de capacitación para uso de este , como lo fue la realización del ensayo triaxial y el de corte directo, que hubiesen permitido obtener una visión mucho más amplia para la realización de este proyecto, otro inconveniente fue el traslado del equipo SPT, debido su gran tamaño y peso , fue difícil el transporte de este hacía el área de estudio , el factor climático también fue un gran limitante , debido a las fuertes y constantes lluvias que atrasaron un poco el proceso, debido a que afectaban la humedad natural del suelo saturándolo, fue necesario esperar entre dos y tres días mientras se lograba estabilizar de forma natural la humedad del suelo para evitar la toma de muestras saturada.

CONCLUSIONES

Se comprobó por medio de este estudio que la resistencia de los ladrillos de la mina el cielo no cumple con los requisitos mínimos establecidos en la norma, donde influye el proceso de elaboración del ladrillo que presenta ciertas falencias, debido a la condición artesanal no se presenta dosificación alguna para la fabricación de estos de igual modo la alta pluviosidad que se presentó en esta época del año pudo ser factor incisivo en la obtención de los datos.

Por medio de los ensayos del laboratorio se logró establecer que la relación adecuada para realizar la remediación del suelo es un 4,5% de cal con un 95,5% de suelo (Arcilla).

Se logró incrementar aproximadamente cuatro veces la resistencia inicial del ladrillo, sin embargo esto no fue suficiente ya que el valor establecido en la norma NTC 4205 que es de 15 MPa para mampostería estructural, y 10Mpa para mampostería estructural, este hecho está directamente relacionado con las propiedades intrínsecas de la arcilla de la zona.

La plasticidad disminuye al aumentar el contenido de cal y de esta forma aumenta la resistencia, sabiendo que el porcentaje de cal no puede exceder el 10% de la muestra porque estaría excediendo el límite plástica y tendría un comportamiento semi-sólido.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de un sistema de tecnificado para la elaboración de los ladrillos donde se establezcan medidas de dosificación entre arcilla, agua y arena.

Se recomienda el uso de cal para mejorar la resistencia de los ladrillos dando así un valor adicional y poderlo meter en el mercado como material beneficiado.

Es necesario y recomendable realizar un estudio detallado sobre las propiedades químicas de las arcillas para profundizar y entender el comportamiento y las propiedades intrínsecas que condicionan su comportamiento.

BIBLIOGRAFÍA

BEER, F. y JOHNSTON, E. (1993). Mecánica de materiales. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A

BRAJA, M (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. California State University Sacramento. International Thomson Editores.

GOBERNACIÓN DEL CESAR, Base de datos secretaría de minas.

INGEOMINAS, Memorias técnica del mapa geológico del Cesar, escala 1:25.000,1977.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.
Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. ICONTEC, 2000.p 1(NTC 4205)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.
Método para muestreo y ensayo de unidades para mampostería y otros productos de arcilla.ICONTEC,2005 ,p1 (NTC 4017)

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI IGAC, Características geográficas del departamento del Cesar, 1996.

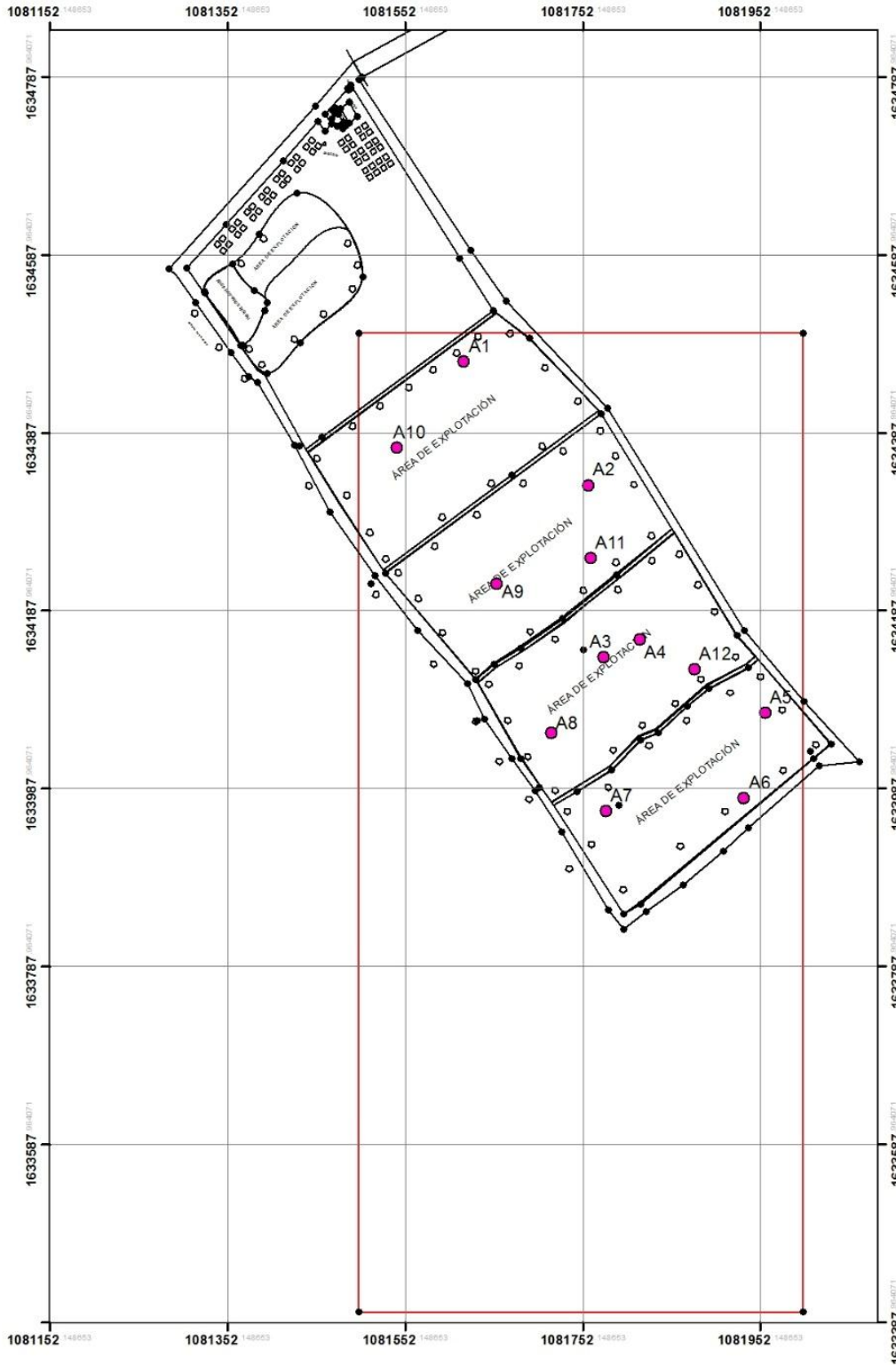
Jiménez J., Geotecnia y Cimientos I, Editorial Rueda, Madrid, 1971, p. 267, 268, 275-278.Terzaghi K., Peck R., Mecánica de Suelos, El Ateneo, Buenos Aires, 1973, p. 96-98.Head K., Manual of Soil Laboratory Testing, Pentech Press, London, 1982, p. 581-585, 601-607.

NATIONAL LIME ASOCIATION, manual de estabilización de suelo tratado con cal estabilización y modificación con cal, LIME 2004, Boletín 326,

SAROZA, B, RODRIGUEZ, M, A, MENENDEZ, J, M, BARROSO, I, J. (2008). Estudio de la Resistencia a compresión simple del adobe elaborado con suelos procedentes del Crescencio Valdés, Villa Clara, Cuba. Revista científica Informes de la construcción Vol. 60, 511, 41-47

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de muestreo



CONVENCIONES

- Apiques
- == Caminos
- Hornos
- Frentes de explotación
- Área de concesión

Fuente: Base de datos secretaria de minas

Anexo 2. Clasificación de suelo

A.G.M. LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO CALLE 9 C No. 21-126, BARRIO IRACAL VALLEDUPAR, CESAR Col: 3114172680	FORMATO DE LABORATORIO Hoja No. : 1 De: 1 CLASIFICACION DE SUELOS
--	--

CONTRATISTA o INTERESADO: BRENDA CAROLINA BRAVO	
MUESTRA TRAIDA DE: LADRILLERA EL CIELO	
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA: Nov. 2018	
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Arellia	COLOR: BEIGE
Análisis Granulométrico: I.N.V. E-123 Límite Líquido: I.N.V. E-125 Límite Plástico e Índice de Plasticidad: I.N.V. E-126	

ANALISIS GRANULOMETRICO				LIMITE LIQUIDO				
TAMIZ	PESO RET. (g)	PORCENT RET. (%)	PORCENT PASA (%)	No. DE GOLPES	12	17	25	30
				RECIPIENTE No.	27,0	2,0	31,0	31,0
				PESO RECIP.+ MAT. HUMEDO (g)	31,5	29,2	37,3	32,3
2 1/2"	0,0	0,0	100,0	PESO RECIP.+ MAT. SECO (g)	28,8	28,9	34,1	29,8
2"	0,0	0,0	100,0	PESO DEL AGUA (g)	2,9	2,3	3,2	2,7
1 1/2"	0,0	0,0	100,0	PESO DEL RECIPIENTE (g)	19,0	19,2	22,9	20,0
1"	0,00	0,0	100,0	PESO DEL MATERIAL SECO (g)	9,8	7,7	11,2	9,8
3/4"	0,0	0,0	100,0	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30,2	29,9	28,8	28,1
1/2"	0,0	0,0	100,0					
3/8"	0,0	0,0	100,0					
No.4	0,0	0,0	100,0					
No. 10	24,2	2,3	97,7	LIMITE PLASTICO				
No. 40	54,4	5,1	92,8	RECIPIENTE No.	53	25	4A	A
No. 200	387,9	36,5	56,2	PESO RECIP.+ MAT. HUMEDO (g)	21,0	20,3	20,3	24,2
FONDO :	597,4	56,2		PESO RECIP.+ MAT. SECO (g)	20,8	20,2	20,2	24,1
SUMATORIA :	1083,9			PESO DEL AGUA (g)	0,2	0,1	0,1	0,1
ERROR :	0,00	Bien		PESO DEL RECIPIENTE (g)	19,4	19,5	19,5	23,4
				PESO DEL MATERIAL SECO (g)	1,4	0,7	0,7	0,7
				CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14,3	14,3	14,3	14,3


GRAVA (%)	ARENA (%)	PASA/200	HUM NAT (%)
0,0	43,8	56,2	6,1%

LIMITE LIQUIDO	28,5	I. DE GRUPO	4,8
LIMITE PLASTICO	14,3	A.A.S.T.H.O.	A-6
IND. PLASTICIDAD	14,2	U.S.C.	CL

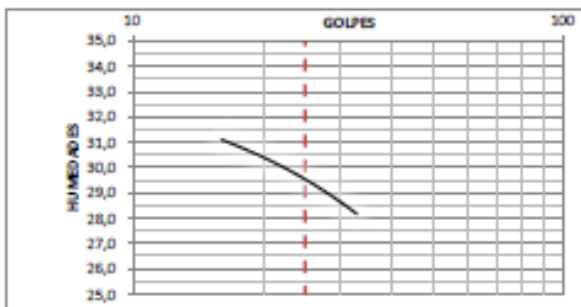
OBSERVACION: MATERIAL ARCILLOSO DE LA MINA EL CIELO UTILIZADO EN LA FABRICACION DE LADRILLO


ANTONIO GARCIA M.
LABORATORISTA

Anexo.3.3 prueba de dosificación para el 4,5

 <p style="font-size: small;">LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO</p> <p style="font-size: x-small;">CALLE 9 C No. 21-129, BARRIO IRACAL VALLEDUPAR, CESAR CcL: 3114172080</p>	FORMATO DE LABORATORIO	Hoja No.: 1 1	De: 1
CLASIFICACION DE SUELOS			
CONTRATISTA o INTERESADO: BRENDA CAROLINA BRAVO MUESTRA TRAIDA DE: LADRILLERA EL CIELO FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA: Nov. 2018 DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Arella COLOR: BEIGE Análisis Granulométrico: I.N.V. E-123 Límite Líquido: I.N.V. E-125 Límite Plástico e Índice de Plasticidad: I.N.V. E-126			
ANALISIS GRANULOMETRICO		LIMITE LIQUIDO	
P ₁ = 0,0 g	P ₂ = 456,5	No. DE GOLPES	16 27 31
TAMIZ	PESO RET. (grs)	RECIPiente No.	7,0 3,0 12,0
PORCENT RET. (%)	PORCENT PASA (%)	PESO RECIP.+ MAT. HUMEDO (g)	33,4 32,3 32,4
		PESO RECIP.+ MAT. SECO (g)	30,2 29,4 29,3
		PESO DEL AGUA (g)	3,2 2,9 3,1
		PESO DEL RECIPiente (g)	19,9 19,5 18,4
		PESO DEL MATERIAL SECO (g)	10,3 9,9 10,9
		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	31,1 29,3 28,4
		LIMITE PLASTICO	
		RECIPiente No.	A B C
		PESO RECIP.+ MAT. HUMEDO (g)	24,4 20,9 20,9
		PESO RECIP.+ MAT. SECO (g)	24,2 20,7 20,6
		PESO DEL AGUA (g)	0,2 0,2 0,3
		PESO DEL RECIPiente (g)	23,1 19,6 18,9
		PESO DEL MATERIAL SECO (g)	1,1 1,1 1,7
		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18,2 18,2 17,6

LIMITE LIQUIDO	27,5		
LIMITE PLASTICO	18,0		
IND. PLASTICIDAD	9,5		





OBSERVACION: **ENSAYO DE MATERIAL ARCILLOSO DE LA MINA EL CIELO PARA LA FABRICACION DE LADRILLO MEZCLADO CON UN PORCENTAJE DE CAL DEL 4,5%**

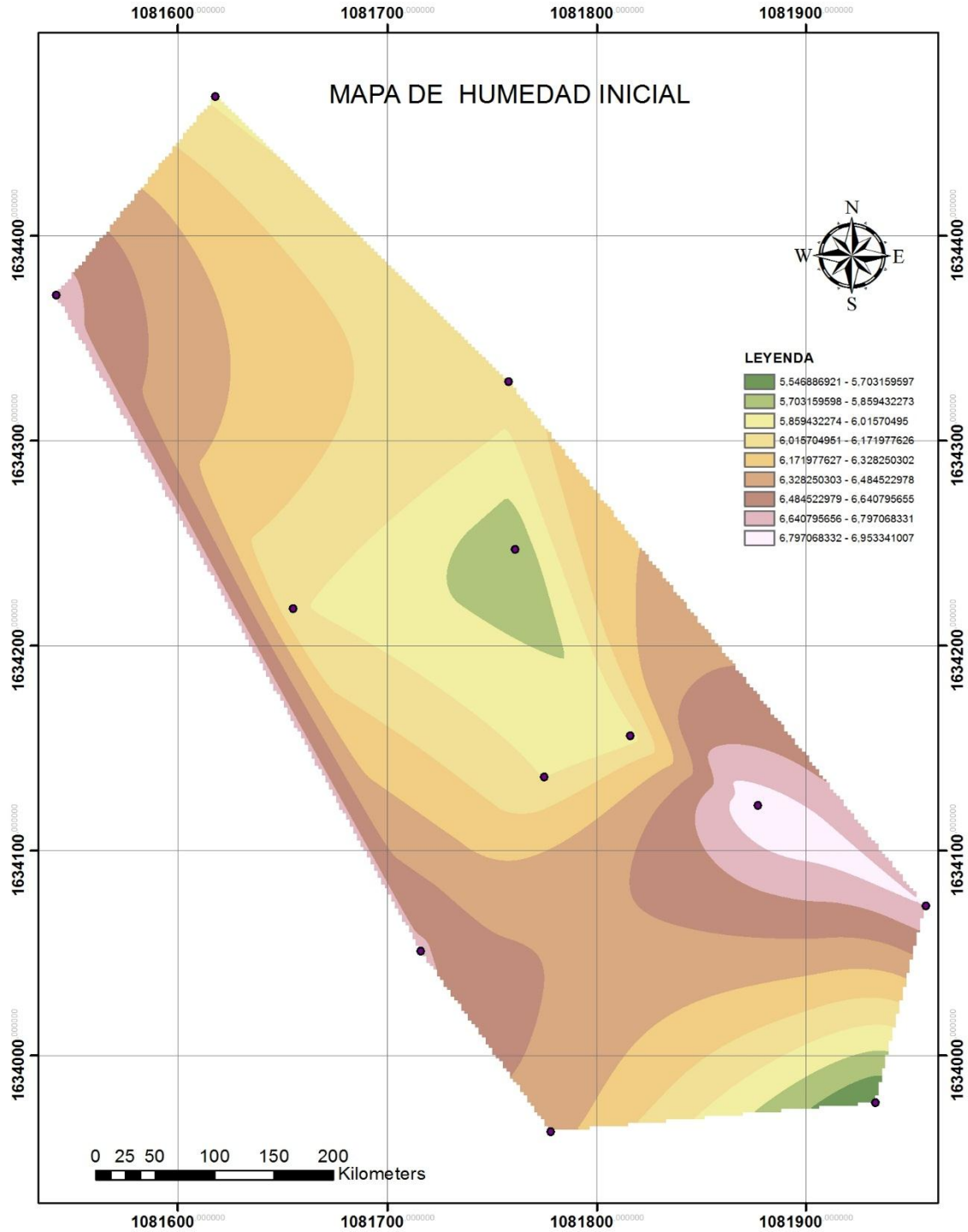
ANTONIO GARCIA M.
LABORATORISTA

Anexo.4. tabla de comparación de los resultados obtenidos de las muestras naturales y las muestras dosificadas

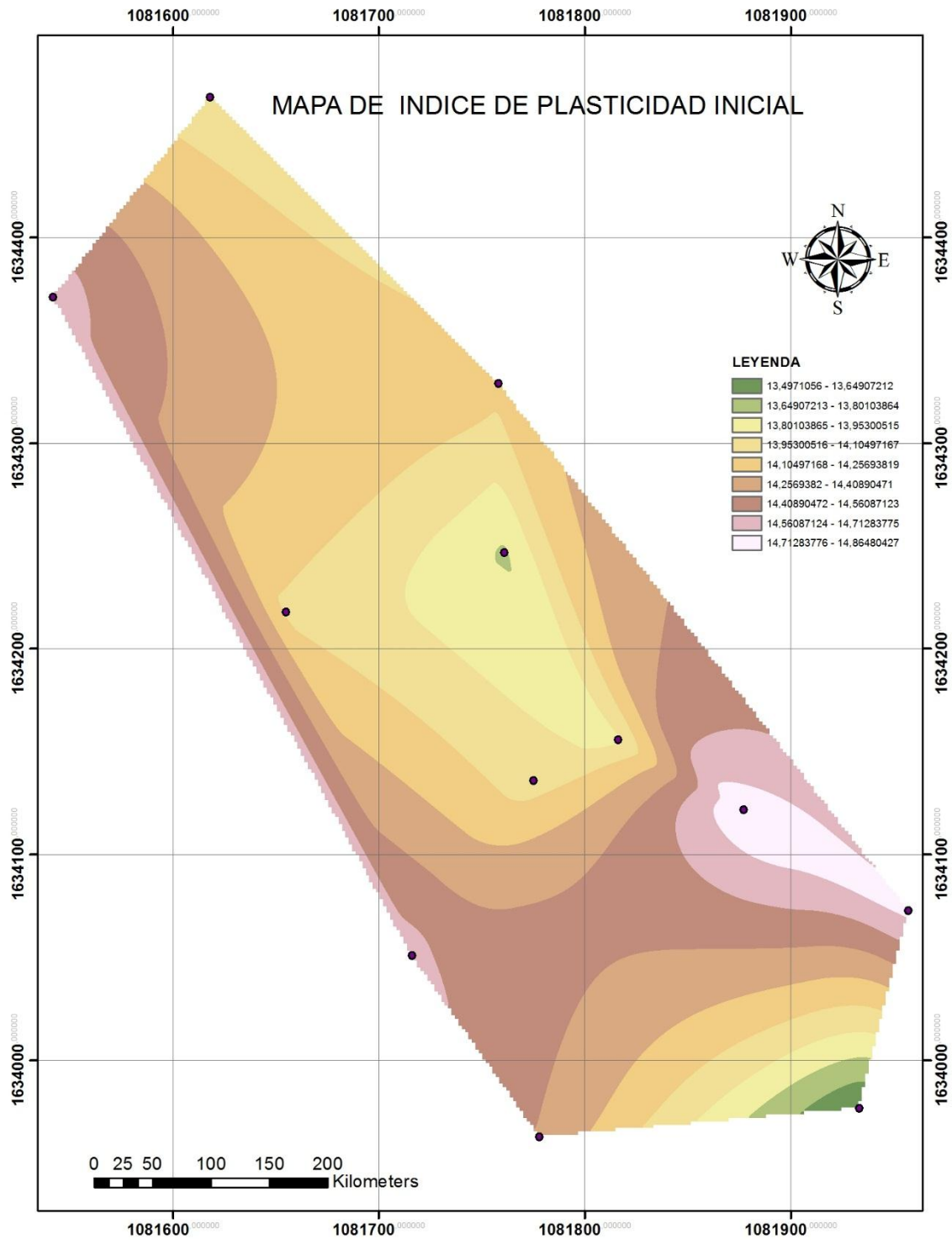
NÚMERO DE MUESTRA	CÓDIGO	RESISTENCIA Mpa	HUMEDAD NATURAL %	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	RESISTENCIA Mpa con el 4,5% dosificación de cal	HUMEDAD DE MUESTRA REMEDIADA %	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD MUESTRA REMEDIADA
1	A1	1,46	5.99	13,97	4,32	3,62	9,73
2	A2	1,23	6.11	14,16	4,13	3,78	9,9
3	A3	1,22	6.01	14,02	4,21	3,71	9,87
4	A4	1,97	5.94	13,92	5,04	3,53	9,5
5	A5	0,86	6.8	14,76	3,96	3,95	10,08
6	A6	2,07	5.53	13,48	5,97	3,07	9,02
7	A7	1,04	6.4	14,4	4,04	3,87	10,02
8	A8	0,89	6.68	14,63	3,79	4,06	10,31
9	A9	1,17	6.03	14,08	4,20	3,68	9,85
10	A10	0,85	6.72	14,65	3,76	4,01	10,23
11	A11	1,54	5.73	13,78	4,09	3,76	9,96
12	A12	0,11	6.96	14,87	3,54	4,2	10,5

Fuente: La autora

Anexo.5. mapas de calidad de la arcilla en su estado inicial.

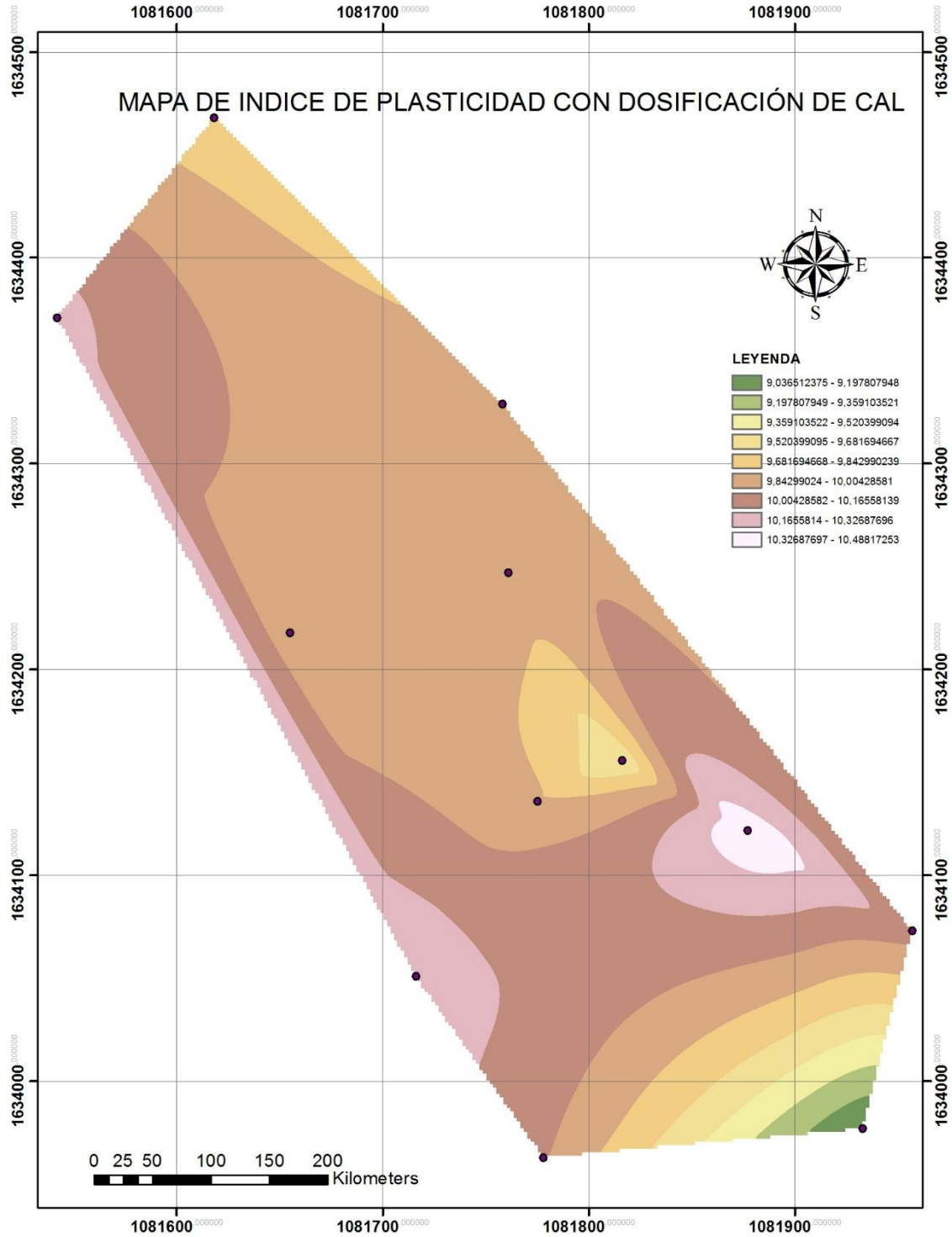


Fuente: La autora

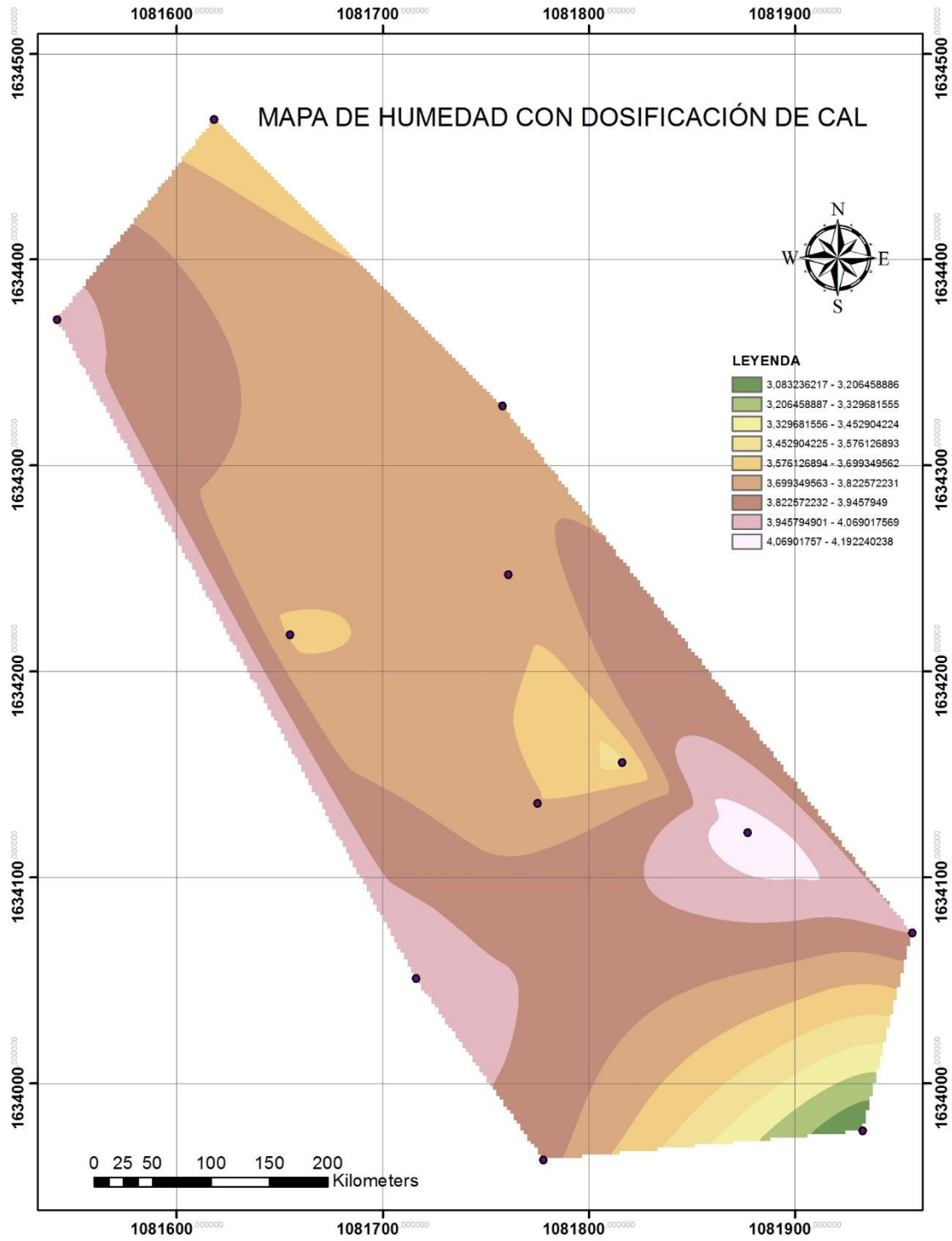


Fuente: La autora

Anexo.6 mapas de calidad de la arcilla dosificada.



Fuente: La autora



Fuente: La autora