



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICO,
DE LOS AGREGADOS FINOS DE BANCOS DE MATERIALES UBICADOS EN
EL MUNICIPIO DE NANDAIME UTILIZANDO COMO ARENA PATRÓN EL
BANCO DE MATERIALES DE MOTASTEPE”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Claudio Marcelo Tórrez Bellorín.

Br. Christian Josué Zamora Herrera.

Tutor:

Ing. Luis Gustavo Espinoza González.

Managua, Noviembre 2020

DEDICATORIA

A mi madre Nidia Bellorín por sus incontables sacrificios y apoyo incondicional para que yo lograra ser un profesional de bien. A mis hermanos y hermana por ser la mayor fuente de inspiración y superación; a mi hermana Flor por ser mi segunda madre, mis hermanos Leonel, Raúl, Franklin por cumplir el papel de mi difunto padre Leonel Tórrez, con sus enseñanzas y consejos. A mis amigos y compañeros que de una o de otra forma me acompañaron en este camino de aprendizaje.

Claudio Tórrez B.

Dedico este logro a Dios, motor principal de mi esfuerzo y deseos de superación; a mis padres, Dalia Herrera y Lester Zamora, por el apoyo emocional y material, herramienta fundamental que estuvo presente durante este maravilloso y tedioso camino. Y, por último, pero no menos importante, a cada una de las personas que con su pequeño apoyo sembraron en mí una semilla de esperanza, educación, lección y motivación; En especial a mi tutor, Ing. Luis Espinoza, por su apoyo en este proyecto, y a mi pastor Mizaél Eugenio Borges, por sus enseñanzas y motivaciones de luz que me guiarán siempre por el buen camino.

Christian Zamora H.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarnos la fuerza, recursos, habilidades y esperanza que nos impulsa cada día a luchar por nuestros deseos, metas y sueños; además por ser pilar fundamental en nuestras vidas.

A nuestros padres y hermanos, por ayudarnos a forjar el camino con cada uno de sus consejos y valiosos aportes. Por la motivación que nunca faltó y que necesitábamos para llegar al lugar donde ahora nos encontramos.

A cada uno de los profesores de los cuales aprendimos a caminar durante cinco años en esta maravillosa carrera, por su paciencia y apoyo en cada una de las materias, así como las enseñanzas de vida que nunca faltaron. Un especial agradecimiento a Ing. Luis Gustavo Espinoza por brindarnos su apoyo a lo largo de todo este trabajo. Y a Ing. Silvia Lindo O'Connors por brindarnos su valioso tiempo y asesorarnos en algunas ocasiones.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, por brindarnos el espacio para trabajar en el laboratorio de materiales "Ing. Julio Padilla M." y al personal del laboratorio por guiarnos y compartir sus conocimientos, que fueron imprescindibles para el desarrollo de esta investigación.

A todas las personas que nos apoyaron de cualquier forma, y con intenciones desinteresadas, para que pudiéramos culminar esta última etapa de nuestra carrera.

RESUMEN

El sector construcción es un tema tan amplio y necesario, en el cual siempre habrá algo nuevo que innovar o un tema a debatir. En Nicaragua, la mayoría de las fuentes de arena no han sido analizadas para su debida explotación y utilización, sin embargo, la necesidad de abastecer una zona con este material, ha sido una de las causas principales por las que se comercializa sin antes realizar su debido análisis.

En la región del pacífico, el banco de referencia nacional (Motastepe) ha sido el más explotado, analizado, y definido en años anteriores como un material eficiente para la elaboración de mezclas de mortero y concreto. Por esta razón el presente estudio pretende localizar bancos de materiales en el municipio de Nandaime, analizarlos, y compararlos con la arena del banco patrón (Motastepe).

Para la selección de los bancos de materiales se toma en cuenta la ley Nicaragüense "Aprovechamiento de los bancos de materiales para la construcción", que consta de una serie parámetros y requisitos que deben cumplir antes de ser explotados. El desarrollo de este tema se detalla en el capítulo tres.

Una vez seleccionados los bancos de materiales, se procedió a determinar sus propiedades físicas y mecánicas, haciendo uso del laboratorio de materiales y suelo de la Universidad Nacional de Ingeniería; siguiendo los procedimientos establecidos en las normativas ASTM para cada laboratorio: Porcentaje de humedad, pesos unitarios y porcentaje de vacíos, gravedad específica y porcentaje de absorción, granulometría, y sanidad. En el capítulo tres se lleva a cabo el desarrollo de los cálculos de estas propiedades.

En el capítulo cuatro se desarrolla el análisis comparativo de los resultados entre los bancos seleccionados y el banco Motastepe. Además, se analizan los resultados de acuerdo a los requerimientos del agregado (Arena) para ser utilizado en mezclas de concreto.

INDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Agregados.....	7
2.1.1. La importancia del agregado en el concreto	7
2.1.2. Banco de materiales	7
2.1.3. Agregados pétreos.....	7
2.1.4. Clasificación de los agregados	8
2.1.5. Agregado Fino	8
2.2. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados	9
2.2.1. Gravedad específica	11
2.2.2. Densidad.....	12
2.2.3. Porosidad.....	12
2.2.4. Pesos unitarios	12
2.2.5. Porcentaje de Vacíos.....	13
2.2.6. Humedad	13
2.2.7. Absorción y humedad superficial	14
2.2.8. Impurezas orgánicas.....	14
2.2.9. Granulometría	15

2.3.	Normas Específicas Técnicas.....	15
2.4.	Localización de Banco de Materiales.....	19
CAPÍTULO III: FUENTE Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....		20
3.1.	Selección y características de los bancos de agregados finos	21
3.1.1.	Selección de las zonas	21
3.1.2.	Análisis de selección de acuerdo a la ley de explotación de bancos	23
3.1.3.	Macro y micro localización de los posibles bancos.....	26
3.1.4.	Volumen y disponibilidad de material.....	32
3.1.5.	Selección de los bancos	37
3.1.6.	Impacto a nivel municipal.....	38
3.2.	Extracción y muestreo del material para ensayos de laboratorio.....	40
3.2.1.	Arenas de Nandaimé y Motastepe.....	40
3.2.2.	Muestreo y reducción de muestras	40
3.3.	Determinación y análisis de las propiedades de las arenas.....	43
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS COMPARATIVO		65
4.1.	Contenido de humedad.....	66
4.2.	Gravedad específica y porcentaje de absorción	67
4.3.	Pesos unitarios y porcentaje de vacíos.....	70
4.4.	Granulometría	73
4.5.	Sanidad.....	79
4.6.	Resumen de Resultados.....	82
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		85
5.1.	Conclusiones	86
5.2.	Recomendaciones	88
Bibliografía.....		89

ANEXOS	91
ANEXO 1. Proporciónamiento de mezclas para concretos convencionales, utilizando grava basáltica y arena natural, tipo Motastepe.	i
ANEXO 2. Requisitos granulométricos según ASTM C 33.....	i
ANEXO 3. Contenido de humedad de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe.....	ii
ANEXO 4. Pesos unitarios y porcentaje de vacíos de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe	iv
ANEXO 5. Gravedad específica y porcentaje de absorción de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe.....	viii
ANEXO 6. Análisis granulométrico de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe.....	xii
ANEXO 7. Composición granulométrica de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe.....	xvi
ANEXO 8. Fotografías de los ensayos de laboratorio	xx
ANEXO 9. Bancos de materiales descartados del estudio.....	xxii
ANEXO 10. Mapas ubicación bancos de materiales	xxiii

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Importancia relativa de las propiedades para el uso final de la mezcla	10
Tabla 2. Normativa correspondiente para cada ensayo de laboratorio	16
Tabla 3. Distancia desde la carretera principal hasta los bancos	25
Tabla 4. Volumen de material extraíble	37
Tabla 5. Volumen de material de los bancos de Nandaime y patrón	38
Tabla 6. Contenido de humedad	44
Tabla 7. Gravedad específica y porcentaje de absorción	47
Tabla 8. Peso volumétrico seco suelto y peso volumétrico seco compacto.	49
Tabla 9. Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "Arroyo"	52
Tabla 10. Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "Matadero"	54
Tabla 11. Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "San Caralampio"	55
Tabla 12. Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "Motastepe"	57
Tabla 13. Granulometría para agregado fino	59
Tabla 14. Color de la arena y disminución de resistencia en mezclas de mortero y concreto.	61
Tabla 15. Nivel de impureza orgánica en los agregados finos	64
Tabla 16. Porcentaje promedio de peso que pasa - Banco Arroyo	74
Tabla 17. Porcentaje promedio de peso que pasa - Banco Matadero	75
Tabla 18. Porcentaje promedio de peso que pasa - Banco San Caralampio	77
Tabla 19. Porcentaje promedio de peso que pasa - Banco Motastepe	78
Tabla 20. Resumen de resultados obtenidos	82

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Número de industrias manufactureras en el municipio de Nandaime	39
Gráfico 2. Número de establecimientos que brindan diversos servicios en el municipio de Nandaime. -----	39
Gráfico 3. Curva granulométrica - Agregado fino del banco "Arroyo" -----	53
Gráfico 4. Curva granulométrica- Agregado fino del banco "Matadero" -----	54
Gráfico 5. Curva granulométrica - Agregado fino del banco "San Caralampio" -	56
Gráfico 6. Curva granulométrica - Agregado fino del banco "Motastepe"-----	57
Gráfico 7. Contenido de humedad - Bancos de Nandaime vs Banco Patrón ----	66
Gráfico 8. Gravedad específica - Bancos de Nandaime vs banco Patrón -----	68
Gráfico 9. Porcentaje de absorción - Bancos de Nandaime vs banco Patrón ---	69
Gráfico 10. Peso volumétrico seco suelto - Bancos de Nandaime vs banco Patrón -----	70
Gráfico 11. Peso volumétrico seco compacto - Bancos de Nandaime vs banco Patrón -----	71
Gráfico 12. Porcentaje de vacíos - Bancos de Nandaime vs banco Patrón-----	72
Gráfico 13. Curva granulométrica - Banco Arroyo vs banco Patrón-----	74
Gráfico 14. Curva granulométrica - Banco Matadero vs banco Patrón -----	76
Gráfico 15. Curva granulométrica - Banco San Caralampio vs banco Patrón ---	77
Gráfico 16. Curva granulométrica de las arenas de Nandaime y Motastepe ----	79
Gráfico 17. Impurezas orgánicas - Bancos de Nandaime vs banco Patrón (Arena en estado natural)-----	80
Gráfico 18. Impurezas orgánicas - Bancos de Nandaime vs banco Patrón (Arena lavada) -----	81

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación de los posibles bancos -----	21
Imagen 2. Micro localización del banco “El Contadero” y límites de la zona de producción de caña -----	23
Imagen 3. Ubicación de los bancos con respecto a la carretera principal -----	24
Imagen 4. Ubicación del banco “Matadero” -----	27
Imagen 5. Banco de materiales “Matadero” -----	27
Imagen 6. Ubicación del banco “Arroyo” -----	28
Imagen 7. Banco de materiales “Arroyo” -----	29
Imagen 8. Ubicación del banco “San Caralampio” -----	30
Imagen 9. Banco de materiales “San Caralampio” -----	30
Imagen 10. Ubicación del banco patrón (Motastepe) -----	31
Imagen 11. Banco “Motastepe” -----	32
Imagen 12. Delimitación del área del banco Arroyo -----	33
Imagen 13. Determinación de las curvas de nivel de la zona del banco Arroyo	34
Imagen 14. Curvas de nivel de la zona del banco Arroyo -----	34
Imagen 15. Curvas de nivel del área delimitada del banco Arroyo -----	35
Imagen 16. Superficie de corte de material para determinación de volumen ----	36
Imagen 17. Datos de volumen de material del banco Arroyo -----	36
Imagen 18. Reporte de volumen de material del banco Arroyo -----	37
Imagen 19. Extracción de material – banco San Caralampio -----	40
Imagen 20. Método de Reducción de muestra - Banco Matadero -----	41
Imagen 21. Método de Reducción de muestra - Banco Arroyo -----	42

Imagen 22. Material reducido – Banco Arroyo -----	42
Imagen 23. Muestra saturada y muestra saturada superficialmente seca-----	45
Imagen 24. Solución de Hidróxido de sodio al 3% (Reactivo descrito en la norma ASTM C – 40)-----	60
Imagen 25. Comparación entre la solución con arena y la placa orgánica de colores Gardner – Banco Arroyo-----	61
Imagen 26. Comparación entre la solución con arena y la placa orgánica de colores Gardner – Banco Matadero-----	62
Imagen 27. Comparación entre la solución con arena y la placa orgánica de colores Gardner – Banco San Caralampio-----	63
Imagen 28. Comparación entre la solución con arena y la placa orgánica de colores Gardner – Banco Motastepe-----	64

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

El presente documento describe el **“Análisis comparativo de las propiedades físico y mecánico, de los agregados finos de bancos de materiales ubicados en el municipio de Nandaimé utilizando como arena patrón el banco de materiales de Motastepe”**. Con el fin de valorar la factibilidad de utilizar el agregado fino para la elaboración de mezclas de concreto.

El agregado fino se debe seleccionar de acuerdo a sus características para satisfacer un determinado proyecto, en este caso, el análisis está regido por una serie de ensayos de laboratorio que arrojaron los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de las arenas. Se trabajó con bancos de materiales ubicados en el municipio de Nandaimé, para ello se realizaron visitas de campo y se definieron las posibles fuentes utilizables. Además, se realizaron ensayos de laboratorio con la arena del banco patrón, posterior a ello se compararon los resultados.

Se denomina agregado fino o arena al material rocoso que pasa el tamiz número cuatro y es retenido por el tamiz número doscientos. El agregado fino, combinados con otros materiales, se comportan como elemento constructivo resistente.

Las propiedades de la arena, están definidas por las características tanto de las partículas individuales como las características del material combinado. Estas propiedades pueden describirse a su vez según sus características físicas y mecánicas. Hay varias características de las partículas individuales que son importantes a la hora determinar si la arena es adecuada para una aplicación concreta. (S. Mamlouk & P. Zaniewski, 2009).

Las características físicas que se determinaron en el estudio de los agregados finos para cada banco, se puntualizan: el porcentaje de humedad, pesos unitarios y porcentaje de vacíos, gravedad específica y porcentaje de absorción, y sanidad. La granulometría de las arenas se tomó en cuenta como propiedad mecánica para su debido análisis.

1.2. Antecedentes

En Nicaragua, la arena como material juega un papel fundamental en el desarrollo de la construcción. En su mayoría la utilizan como material compuesto en la elaboración de concreto, bloques, y mortero. La demanda actual del material pone en riesgo el futuro de la construcción, ocasionada por escasez de bancos de arena. Un ejemplo claro es el banco de materiales de Motastepe, donde la arena es utilizada desde el año 1950, principalmente para fabricación de prefabricados de concreto, elaboración de bloques y como agregado fino en mezclas de concreto; en el resto del país generalmente utilizan material cero o arena de río.

Se conoce que en el municipio de Nandaime existen bancos de materiales (arena) que actualmente son explotados de forma artesanal por la alcaldía de Nandaime y pobladores aledaños a estos. Utilizan palas y camiones para extraer y transportar el material, sin embargo, ningún banco del municipio ha sido analizado y certificado como un material apto para la construcción.

El banco de materiales patrón (Motastepe), es un cerro cónico que tiene una altura de 360 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra ubicado en el departamento de Managua, específicamente en el municipio de Ciudad Sandino, el volumen extraído es de 8 a 10 millones de metros cúbicos, y se presume que el cerro posee reservas para 15 a 20 años con el mismo ritmo de explotación, por esta razón es necesario buscar otras alternativas que en el futuro puedan suplir la demanda de agregados finos al menos por un tiempo determinado.

En Nicaragua la construcción con agregado fino como material compuesto, cada día gana mayor demanda por sus altos índices de rendimiento y seguridad en la vida útil de las edificaciones. Actualmente se están llevando a cabo nuevos proyectos de construcción en los cuales los agregados juegan un papel fundamental. (Arias Martinez, Rodriguez Castro, & Navarro Lopez, 2017).

1.3. Justificación

La propuesta del análisis comparativo de las características físicas y mecánicas de los agregados finos de los bancos de materiales ubicados en Nandaime, trata de obtener el agregado fino más adecuado (de acuerdo a sus propiedades) para la elaboración de concreto; es decir aquel que cumpla con los parámetros establecidos por las normas ASTM.

El análisis comparativo será un factor relevante en la investigación, el cual se realizará con la arena del banco Motastepe, debido a que es el material que el MTI (Ministerio de transporte e infraestructura) y muchos proyectos del FISE (fondo de inversión social de emergencia) utilizan como referencia nacional a lo largo de los últimos años (Ver anexo 1, tabla A1, pág. 1).

En el país existen diversos bancos de materiales, sin embargo, en muchos de ellos no se han realizado estudios para determinar su factibilidad como material compuesto. Por ejemplo, en las zonas norte y sur de Nicaragua, para la elaboración de bloques se utiliza material cero, estos son residuos de materiales (canteras o gravas) triturados. Por esta razón, a través del presente estudio se pretende contribuir al desarrollo de la industria de la construcción del país, con la integración de nuevos bancos que ayuden a abastecer el municipio de Nandaime y sus alrededores.

Los agregados finos que se ensayarán serán clasificados como material aprovechable y de buen uso para ser utilizado como material compuesto en caso que cumplan con las exigencias definidas por las normativas: ASTM C-29 (pesos unitarios y porcentaje de vacíos), ASTM C-33 y C-136 (granulometría), ASTM C 128 (gravedad específica y porcentaje de absorción), ASTM C-566 (porcentaje de humedad) y ASTM C-40 (impurezas orgánicas). Teóricamente el banco de materiales debe cumplir con las condiciones necesarias, es decir, con las especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente durante su aprovechamiento, esto será verificado en base a la norma jurídica "aprovechamiento de los bancos de materiales para la construcción".

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar las propiedades de los agregados finos de bancos de materiales ubicados en el municipio de Nandaime utilizando como arena patrón el banco de materiales Motastepe.

1.4.2. Objetivos específicos

- Localizar y seleccionar los bancos de materiales de agregados finos ubicados en el municipio de Nandaime.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados finos haciendo uso de las normativas ASTM.
- Realizar un análisis comparativo entre las propiedades físico – mecánicas de los agregados finos de los bancos de Nandaime y el agregado fino del banco Motastepe.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Agregados

2.1.1. La importancia del agregado en el concreto

El uso de agregados en el concreto tiene como objetivo reducir los costos en la producción de la mezcla (relleno adecuado para la mezcla, ya que reduce el contenido de pasta de cemento por metro cúbico), ayudar a controlar los cambios volumétricos (cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado, de curado y secado de la mezcla de concreto) y aportar a la resistencia final del material.

Es un material que tiene una participación entre el 65% y el 70% del total de la mezcla de concreto. Existe un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva, ocurrirá el fenómeno de segregación. De la misma forma los agregados finos deben estar dosificados de forma tal que permitan una buena trabajabilidad y brinden cohesión a la mezcla, pero a la vez no deben estar en exceso porque perjudicarían la manejabilidad y la resistencia del concreto. (Silva, 2020).

2.1.2. Banco de materiales

Se entiende por banco de materiales a aquel lugar previamente estudiado y que está constituido por roca o material granular sea arena, arcilla, grava o cascajo. Susceptible de ser utilizado en la construcción.

2.1.3. Agregados pétreos

La palabra agregados se refiere a cualquier combinación de arena, grava o roca triturada en su estado natural o procesado. Son minerales comunes, resultado de las fuerzas geológicas erosivas del agua y del viento. Son generalmente encontrados en ríos y valles, donde han sido depositados por las corrientes de agua. Son aquellos que provienen de la roca, de una piedra o de un peñasco; habitualmente se encuentran en forma de bloques, losetas o fragmentos de distintos tamaños, principalmente en la naturaleza, aunque de igual modo existen otros que son procesados e industrializados por el ser humano. (Blanco & Matus Lazo , 2008).

Aunque la clasificación de los agregados básicamente se centra en agregados finos y gruesos, existen distintos tipos como:

- Clasificación por origen.
- Clasificación por color.
- Clasificación por tamaño de partícula.
- Clasificación por modo de fragmentación.
- Clasificación por peso específico.
- Agregados reciclados

En este caso mencionaremos la clasificación más relevante o de interés en nuestro estudio.

2.1.4. Clasificación de los agregados

Clasificación de acuerdo a su tamaño: Esta identificación de los agregados se deriva de dividirlos de acuerdo con aquel que pasa o no la frontera nominal de 4,75 mm (Tamiz N°4):

- Agregados finos: material que pasa 100% el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N°200. Generalmente es clasificado como arena gruesa o fina.
- Agregados gruesos: Es aquel que es retenido 100% el tamiz N°4 o superior.

2.1.5. Agregado Fino

Se le llama así a la arena que presenta granos duros, fuertes, resistentes, y lustrosos. Además, el agregado fino necesita estar limpio, lavado y libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones y materiales orgánicos (Asso, 1985).

La arena en general es un conjunto de fragmentos sueltos de rocas o materiales de pequeño tamaño. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano o clasto de arena.

Para que un agregado sea considerado como fino tiene que tener un tamaño de (0.075- 4.75 mm); es decir, que pase por el tamiz N°4 y sea retenido por el tamiz N°200.

La arena se puede clasificar en arena gruesa y arena fina; la gruesa con un tamaño de 1 a 3 milímetros, se puede decir que es un material bueno para cimentar, puesto que en promedio puede admitir una presión sobre el suelo alrededor de 3 Kg/cm².

2.1.5.1. Clasificación de las arenas

De acuerdo a su origen, las arenas se pueden clasificar como:

A. Arenas Naturales

Una arena natural, se refiere a un depósito de material que se ha formado por cuestiones de tipo geológico, es decir, el hombre no ha intervenido para su creación, aunque se encuentre en cúmulos o estratos, acompañados de material a veces indeseable los cuales se habrán de separar en forma muy particular para que la contaminación sea mínima.

Para la obtención de estas arenas naturales será necesario usar implementos mecánicos, como cargadores, bulldozer entre otros todos estos implementos no influyen necesariamente en la calidad de los agregados sino en las facilidades de su obtención y producción.

B. Arenas Trituradas:

Las arenas trituradas, se obtienen al someter a las rocas o fragmentos de mayor tamaño a un proceso de trituración o molienda; para así obtener la granulometría deseada en la arena; para algún propósito o diseño especial, de diseño de mezclas.

2.2. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Las propiedades de los agregados están definidas por las características tanto de las partículas individuales como por las características del material combinado.

Tabla 1. Importancia relativa de las propiedades para el uso final de la mezcla			
Propiedad	Concreto convencional	Concreto asfáltico	Cimentación
FÍSICAS			
Forma de la partícula (Angularidad)	M	I	I
Forma de la partícula (Foliación, elongación)	M	M	M
Tamaño de la partícula, máximo	I *	M	M
Tamaño de la partícula, distribución	I *	M	M
Textura superficial de la partícula	M	I	I
Estructura de poros, porosidad	I *	M	N
Gravedad específica, absorción	I *	M	M
Consistencia, meteorización	I	M	M
Peso unitario, huecos; suelto, compacto	I *	M	M
Estabilidad volumétrica, térmica	M	N	N
Estabilidad volumétrica, húmedo/seco	M	N	M
Estabilidad volumétrica, congelación/descongelación	I	M	M
Integridad durante el calentamiento	N	M	N
Constituyentes nocivos	I *	M	M
QUÍMICAS			
Solubilidad	M	N	N
Carga superficial	N	I	N
Afinidad con el asfalto	N	I	M
Reactividad con productos químicos	I	N	N
Estabilidad volumétrica, química	I	M	M
Recubrimientos	M	M	N
MECÁNICAS			
Resistencia a la compresión	M	N	N
Tenacidad (Resistencia de impacto)	M	M	N
Resistencia a la abrasión	M	M	M
Carácter de los productos de abrasión	M	M	N
Estabilidad de masa (Rigidez, resiliencia)	N	I	I
I: Muy importante; M: moderadamente importante; N: no importante.			

Fuente: "Materiales para la ingeniería civil" de Michael S. Mamlouk; John P. Zaniewski.

Estas propiedades pueden describirse a su vez según sus características físicas, mecánicas y químicas. Hay varias características de las partículas individuales que son importantes a la hora de determinar si una fuente de agregados es adecuada para una aplicación concreta; ya sea para diseñar mezclas de concreto asfáltico, mezclas de concreto convencional o cimentación. En tabla 1 se muestran las propiedades que deben evaluarse en los agregados y su nivel de importancia en dependencia de la mezcla. (S. Mamlouk & P. Zaniewski, 2009).

En nuestro caso (concreto convencional) seleccionamos con un “ * ” las propiedades que tomamos en cuenta para nuestro estudio, es importante recalcar que consideramos el análisis de la distribución y tamaño de las partículas (Granulometría) como una prueba mecánica.

2.2.1. Gravedad específica

Las características de peso-volumen de los áridos no son un indicador importante de la cualidad del árido; pero sí que son importantes en el diseño de mezclas de hormigón. La densidad, la masa por unidad de volumen, podría utilizarse para estos cálculos. Sin embargo, la gravedad específica, la masa de un material dividida entre la masa de un volumen igual de agua destilada, se emplea más comúnmente.

Se definen cuatro tipos de gravedad específica, basándose en cómo se consideran los huecos existentes en las partículas de árido. Tres de estos tipos están ampliamente aceptadas y se emplean en el diseño de mezclas de concreto convencional y de concreto asfáltico:

- A. Gravedad específica (G_e):** Pertenece al material en estado seco.
- B. Gravedad específica saturada superficialmente seca (G_{esss}):** Pertenece al material en estado saturado con superficie seca.
- C. Gravedad específica aparente (G_{eap}):** Es la gravedad específica del material sólido de partículas constituyentes, no incluyendo el espacio de poros entre partículas, que es accesible al agua.

2.2.2. Densidad

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario; las bajas densidades indican también que el material es poroso, débil y de alta absorción

2.2.3. Porosidad

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado, es una de las características más importantes por su influencia en las otras propiedades de éste, resistencia a la absorción, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica y permeabilidad.

2.2.4. Pesos unitarios

El peso unitario del agregado (también llamado peso volumétrico, densidad en masa o densidad bruta) es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas del agregado. (Matuz lazo & Lindo O'connors, 2018).

En dependencia del sistema de acomodamiento de las partículas de los agregados durante el procedimiento de ensayo, se pueden determinar dos tipos de pesos unitarios:

A. Peso volumétrico seco suelto

Se refiere al acomodamiento libre de las partículas de agregados. En términos de cálculos es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C-29. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes o viceversa.

B. Peso volumétrico seco compacto

Implica que un agente externo (varilla punta de bala) a través de golpes acomoda las partículas de los agregados, reduciendo así los espacios vacíos encontrados entre partícula y partícula. Es para el conocimiento del volumen de materiales aplicados y que están sujetos a acomodamientos o asentamientos provocados por el tránsito. Es de mayor importancia para el concreto, pues representa el volumen absoluto del agregado en el diseño de mezclas, pues por la compactación, las partículas quedan confinadas ocupando la mayor cantidad de espacios, sin dejar muchos vacíos, a como en teoría este se encontraría dentro del concreto. El valor del peso compactado, para ambos casos, deberá obtenerse con agregados secos a la intemperie.

2.2.5. Porcentaje de Vacíos

Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Para determinar el porcentaje de vacíos en estado compacto o suelto se requiere el valor de gravedad específica obtenida de acuerdo a los procedimientos descritos en ASTM C-127 o C-128 según corresponda.

2.2.6. Humedad

Es la cantidad de agua superficial retenida por las partículas y su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla, es decir, es fundamental para controlar la cantidad de agua total que requiere la mezcla de concreto.

La estructura interna de una partícula de árido se constituye de materia sólida y vacíos que pueden o no contener agua. Las partículas de árido grueso, especialmente aquellas mayores de 50mm pueden requerir grandes periodos de tiempo para que la humedad que se encuentra dentro del árido salga a la superficie.

El contenido en agua se determina por la diferencia entre las masas húmeda y seca de la muestra de ensayo y se expresa en forma de porcentaje respecto de la masa seca de la muestra de ensayo.

2.2.7. Absorción y humedad superficial

La absorción es la capacidad que tienen los agregados de captar agua para rellenar sus vacíos internos; la humedad superficial es el agua extra que captan los agregados pero que no es la que absorben en sus poros internos, puede afectar la resistencia del concreto, propiedades de movimiento y durabilidad.

La cantidad de agua que absorbe el árido es importante en el diseño del concreto, ya que la humedad capturada en los huecos del árido no estará disponible para mejorar la facilidad de trabajar el concreto plástico y para reaccionar con el cemento. No existe un nivel específico de absorción del agregado definido para los agregados empleados en el concreto, pero es preciso evaluar la porosidad con el fin de determinar la cantidad apropiada de agua que hay que mezclar en el hormigón.

2.2.8. Impurezas orgánicas

En los agregados finos naturales a veces se presentan impurezas orgánicas, las cuales menoscaban la hidratación del cemento y el desarrollo consecuente de la resistencia del concreto. Normalmente esas impurezas se evitan por medio del despejado adecuado del depósito, para eliminar por completo la tierra vegetal, y un enérgico lavado en la arena. La detección del alto contenido orgánico en la arena se lleva a cabo con facilidad por medio de la prueba colorimétrica (solución de hidróxido de sodio), que detalla la norma ASTM C-40. Algunas impurezas en la arena pueden dar indicación de un elevado contenido orgánico, pero, en realidad, no ser dañino. Se puede determinar esta posibilidad por medio del ensayo descrito en ASTM C-87.

2.2.9. Granulometría

La granulometría describe la distribución de tamaños de las partículas de árido. Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor. Los tamices son básicamente unas mallas de aberturas cuadradas, que se encuentran estandarizadas por las Normas de la ASTM.

Los resultados de un análisis granulométrico también se pueden representar en forma gráfica y en tal caso se llaman curvas granulométricas. Estas gráficas se representan por medio de dos ejes perpendiculares entre sí, horizontal y vertical, en donde las ordenadas representan el porcentaje que pasa y en el eje de las abscisas la abertura del tamiz cuya escala puede ser aritmética, logarítmica o en algunos casos mixtos. Las curvas granulométricas permiten visualizar mejor la distribución de tamaños dentro de una masa de agregados y permite conocer además que tan grueso o fino es. (Guzman, 2001)

En consecuencia, hay factores que se derivan de un análisis granulométrico como es el módulo de finura, este consiste en un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz N°4 hasta el tamiz N°100 entre 100. Este indica la distribución del tamaño de las partículas en su porción fina, es decir, si existe un predominio de las partículas finas o gruesas.

2.3. Normas Específicas Técnicas

Las normas técnicas son regulaciones de carácter nacional o internacional que permiten controlar la calidad de los materiales. En nuestro país las que se utilizan son las siguientes:

- **ASTM:** Sociedad Americana de Ensayos de Materiales. ^{1,2}
- **AASHTO:** Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportación Oficial.

¹ (ASTM, 2019)

² (Salvador, 2009)

- **RNC:** Reglamento Nacional de la Construcción.
- **NTON:** Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
- **NIC-2019:** Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.
- **Cartilla Nacional de la Construcción.**

En la tabla 2 se detallan las normativas correspondientes para cada ensayo:

Tabla 2. Normativa correspondiente para cada ensayo de laboratorio	
Ensayo	Norma
Práctica estándar para muestreo de agregados	ASTM D-75
Reducción de las muestras de agregado a tamaño de prueba	ASTM C-702
Determinación del porcentaje de humedad	ASTM C-566
Gravedad específica y porcentaje de absorción	ASTM C-128
Pesos unitarios sueltos y compactos de los agregados finos	ASTM-C29
Análisis granulométrico de los agregados finos	ASTM C-136
Determinación de las Impurezas orgánicas en el agregado fino para mezclas de concreto	ASTM C-40

Fuente: Elaboración propia

Para mayores detalles se resume el fin de cada una:

ASTM D-75

Esta práctica cubre el muestreo de agregados finos y gruesos para los siguientes propósitos: investigación preliminar de los recursos de almacenamiento, control de los productos de los recursos de almacenaje, control de las operaciones en el sitio de uso, y aceptación o rechazo de los materiales.

El número de muestras de campo requeridas depende de las propiedades que se desean obtener. Se debe especificar cada unidad de cualquier muestra de campo para ser obtenida antes del muestreo, este número deberá ser suficiente para obtener resultados confiables.

ASTM C-702

Esta práctica proporciona procedimientos para reducir la muestra total obtenida en el campo o producidas en el laboratorio al tamaño conveniente para realizar un número de ensayos para describir el material y medir su calidad de tal manera que la porción de la muestra más pequeña sea representativa de la muestra total suministrada. La falla en el seguimiento cuidadoso de los procedimientos en esta práctica puede resultar en suministrar una muestra no representativa que será usada en ensayos subsecuentes. Los métodos de prueba individuales proporcionan una mínima cantidad de material a ser ensayado.

ASTM C-566

Este método de ensayo cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, ya sea la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado. Algunos agregados pueden contener agua que está químicamente combinada con los minerales del agregado. Dicha cantidad de agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinado por este método. Las partículas de agregado grueso especialmente aquellas que son más grandes que 50 mm (2 pulgadas) pueden requerir grandes periodos de tiempo para que la humedad que se encuentre dentro de la partícula salga a la superficie del mismo.

ASTM C-128

El presente método de ensayo se utiliza para determinar la densidad o la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregado y da un valor promedio que representa la muestra. Se hace la distinción entre la densidad de las partículas de agregado, según se determina por este método de ensayo, y la densidad de masa de los agregados según se determina con el Método de Ensayo C-29/C-29M, que incluye el volumen de los vacíos entre las partículas de agregados.

ASTM C-29

Este método de ensaye se refiere a la determinación de la densidad en masa (Peso unitario) de los agregados en condición compactada o suelta, y el cálculo de los huecos en agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos, basándose en una misma determinación. Este método de prueba es aplicable a aquellos agregados que no exceden de 125mm (5 pulgadas) como tamaño máximo nominal.

ASTM C-136

El presente método de ensayo es usado para determinar la graduación de materiales (granulometría) propuestos para usarse como agregados o que están siendo usados como agregados. Los resultados son utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de las partículas con los requerimientos aplicables especificados y para proporcionar información necesaria para el control de la producción de productos varios de agregados y de las mezclas que los contienen.

El ensayo trata básicamente de separar una muestra de agregado seco de masa conocida, a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores, con el objeto de determinar los tamaños de las partículas.

ASTM C-40

Este método cubre dos procedimientos para una determinación aproximada de la presencia de impurezas orgánicas perjudiciales en agregados finos que serán utilizados en cemento hidráulico o concreto. Un procedimiento utiliza una solución de color de referencia, y otro utiliza un estándar de color del vidrio.

Este método de ensayo es usado en hacer una determinación preliminar de la aceptabilidad del agregado fino con respecto a los requerimientos de la Especificación C-33 relativos a impurezas orgánicas.

El valor principal de este método de ensayo es suministrar una precaución sobre que se pueden presentar cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas.

Cuando una muestra sometida a este ensayo produce un color más oscuro que la solución de referencia, es prudente ejecutar el ensayo para determinar el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia del mortero de acuerdo con el método de ensayo C-87.

2.4. Localización de Banco de Materiales

De los aspectos más importantes que se tiene en la construcción que resulta muy elusivo para un tratamiento general, es el desarrollo de criterios y técnicas para la localización de bancos de materiales. La finalidad de localizar bancos es la de obtener materiales que cumplan con las normas de calidad y tengan el volumen suficiente; el problema tiene otras implicaciones, es decir, que ha de garantizarse que los bancos elegidos sean los mejores entre todos los disponibles y deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Los materiales que lo formen deberán cumplir con la calidad requerida según el uso a que se destinarán.
- Tiene que ser lo más accesibles y que se puedan explotar por los procedimientos más comunes y menos costosos.
- Si son destinados para obras viales estos deben producir las mínimas distancias de acarreo en la construcción.
- Tienen que ser los que conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos, económicos y que requieran los mínimos tratamientos.
- Los bancos deben ser localizados en tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la zona.
- Si el terreno del banco de material perteneciera a un particular se tiene que verificar la disposición del dueño para que este sea explotado.

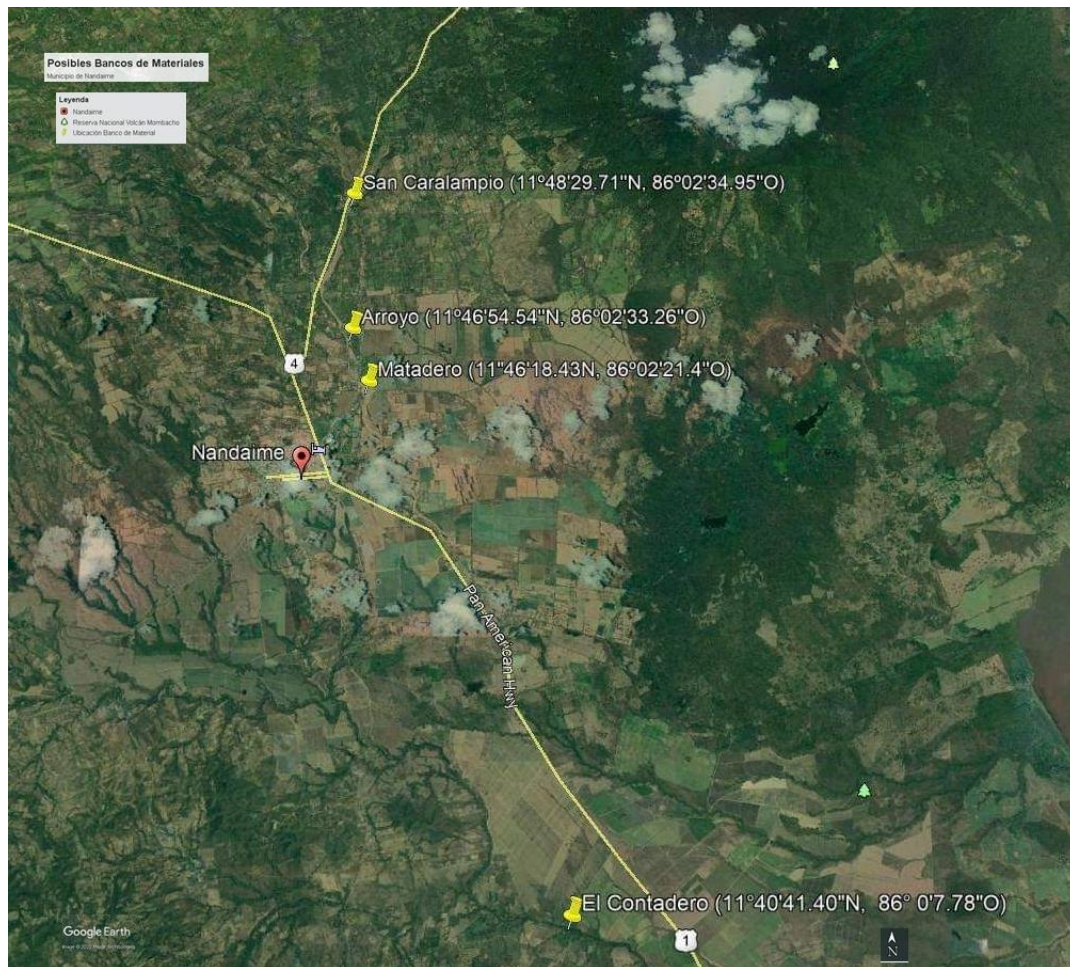
**CAPÍTULO III:
FUENTE Y PROPIEDADES DE LOS
MATERIALES**

3.1. Selección y características de los bancos de agregados finos

3.1.1. Selección de las zonas

En todo el municipio de Nandaime existen aproximadamente cuatro áreas que pueden aprovecharse como banco de materiales de agregados finos, esto no significa que sean adecuados para dicho recurso. Para verificar su factibilidad se seleccionaron los bancos en base a las condiciones de accesibilidad, estado del material, volumen y la ley de aprovechamiento de bancos de materiales para la construcción. En la imagen 1 se observa una macro-localización de los posibles bancos.

Imagen 1. Ubicación de los posibles bancos



Fuente: Google Earth

Los puntos amarillos indican las cuatro zonas donde se puede extraer material (Arena): San Caralampio, con coordenadas de latitud y longitud $11^{\circ}48'29.71''\text{N}$, $86^{\circ}02'34.95''\text{O}$; Arroyo, cuyas coordenadas son $11^{\circ}46'54.54''\text{N}$, $86^{\circ}02'33.26''\text{O}$; Matadero, con coordenadas $11^{\circ}46'54.54''\text{N}$, $86^{\circ}02'33.26''\text{O}$; y El Contadero, con coordenadas $11^{\circ}40'41.40''\text{N}$, $86^{\circ}00'7.78''\text{O}$. La accesibilidad al posible banco San Caralampio, Arroyo, y Matadero resulta factible, ya que se encuentran a una distancia no mayor de 6 km del centro del municipio, el camino que inicia desde la carretera principal hasta estos bancos es un poco accidentado debido al paso de las corrientes de agua en invierno. El posible banco El Contadero se encuentra un poco más retirado del centro de Municipio en comparación con los otros, a una distancia de 11.9 km.

Las áreas de estos posibles bancos se encuentran rodeadas con zonas de abundante vegetación (ver imagen 4, 6, 8). En la actualidad estos son explotados con instrumentos manuales (palas) por personas aledañas y la Alcaldía del municipio, que utilizan la arena como material compuesto en la elaboración de mezclas de mortero y concreto.

Con respecto al origen del material, los bancos Arroyo, Matadero y San Caralampio se tratan de arena de un mismo río, y el Banco Contadero resulta de otro río. En tiempo de verano el material queda expuesto sobre la superficie y listo para ser explotado.

Es muy importante recalcar que el banco Contadero pertenece al río Ochomogo, y este se descarta de los bancos que pueden explotarse, debido que estas arenas están contaminadas por el drenaje de agua de los cañales que caen sobre este río (imagen 2), contaminando así las aguas y el agregado. La arena de este tipo resulta perjudicial para mezclas de mortero y concreto. Por lo tanto, el análisis de selección se realizará con los bancos Arroyo, Matadero y San Caralampio.

Imagen 2. Micro localización del banco “El Contadero” y límites de la zona de producción de caña



Fuente: Google Earth

La línea Azul indica el área destinada a la producción de caña, esto resulta perjudicial debido a los químicos que se emplean, cuyo drenaje afecta gran parte las aguas del río Ochomogo.

Por otra parte, existen otros bancos de materiales cerca del municipio, por ejemplo, “El Varillal” se encuentra a 8 km de del municipio de Granada (Específicamente el km 53 carretera Granada – Nandaime) y “Caña de Castilla” aproximadamente a 2.0km del Empalme El Guanacaste; sin embargo, el contenido del material corresponde agregado grueso tipo escoria volcánica u hormigón rojo. (Ver Anexo 9, Ilustración A1, pág *xxii*)

3.1.2. Análisis de selección de acuerdo a la ley de explotación de bancos

En consideración con la norma jurídica “Aprovechamiento de los bancos de materiales para la construcción” (norma técnica N ° 050 21-02, aprobada el 21 de marzo del 2002), para la selección de los bancos de materiales en el municipio de Nandaime también se realizaron las siguientes evaluaciones:

- A. La localización del banco debe ser de tal forma, que el aprovechamiento u operaciones, no puedan ser observado desde la carretera o camino principal, siendo iniciado su aprovechamiento desde la parte no visible.

En la imagen 3 se puede observar el límite que existe entre la carretera principal y cada uno de los posibles bancos de materiales, la cual no está visible, su aprovechamiento se encuentra a más de 3 km sobre de la carretera principal, por lo tanto, se cumple esta condición.

Imagen 3. Ubicación de los bancos con respecto a la carretera principal



Fuente: Google Earth

- B. La actividad de extracción de los bancos de materiales debe estar localizados a una distancia no menor de 100 metros del derecho de vía de las carreteras y caminos permanentes.

1. La distancia que existe desde la entrada principal hasta cada uno de los bancos se muestra en la Tabla 3, todos se encuentran a más de 300 m, por lo tanto, también se cumple esta condición.

Banco	Distancia
Matadero	1.45 km
Arroyo	2.66 km
San Caralampio	5.54 km

Fuente: Elaboración propia

- C. Los bancos de materiales deben estar ubicados a una distancia mínima de 300 metros de Hospitales, centros de salud, escuelas, iglesias, centros recreativos, cuando no se usare explosivos, y en una posición contraria a la dirección del viento.

En la Imagen 3 se puede apreciar que los bancos de materiales están aislados de estas instituciones debido a que se encuentran en la zona norte del municipio.

- D. Los bancos de Materiales que requieran el uso de explosivos deben estar ubicados a 500 metros de Hospitales, centros de salud, escuelas, iglesias, centros recreativos además en una posición contraria a la dirección del viento.

Los bancos de materiales (Arroyo, Matadero y San Caralampio) no requieren explosivos, debido a que se tratan bancos naturales de arena.

- E. Los sitios que están sujetos a inundaciones periódicas por efecto del drenaje, no deben ser utilizados para extraer material de préstamo.

Los bancos de materiales pertenecen a un río que en tiempo de verano están completamente secos y pueden ser explotados perfectamente; en el invierno existe la presencia de pequeña una lámina de agua, lo cual limita su explotación en esa temporada.

- F. Los bancos de materiales ubicados en áreas donde existan acuíferos destinados al abastecimiento público, deben tener una profundidad máxima de aprovechamiento de tal forma que la distancia entre el nivel más inferior de corte de materiales y el nivel máximo superior estacional del agua subterránea, sea como mínimo de 5 metros.

En el área de los bancos de materiales no existen acuíferos cerca, los bancos se encuentran al norte del municipio, en una zona aislada donde existen algunos asentamientos.

- G. La distancia mínima que debe tener un banco de materiales con relación a los cuerpos de agua superficial es de 200 metros a partir del punto de su máxima crecida, y a 1 Km de forma radial a las obras de captación de agua superficial o subterránea, destinadas al consumo de los habitantes.

Los bancos de materiales están en actividad únicamente en el tiempo de verano, y no existe otro cuerpo de agua superficial cerca, esto se verifica en la imagen 4, 6 y 8.

- H. La distancia mínima que debe tener un banco de materiales con relación a los aeropuertos es de 1000 metros.

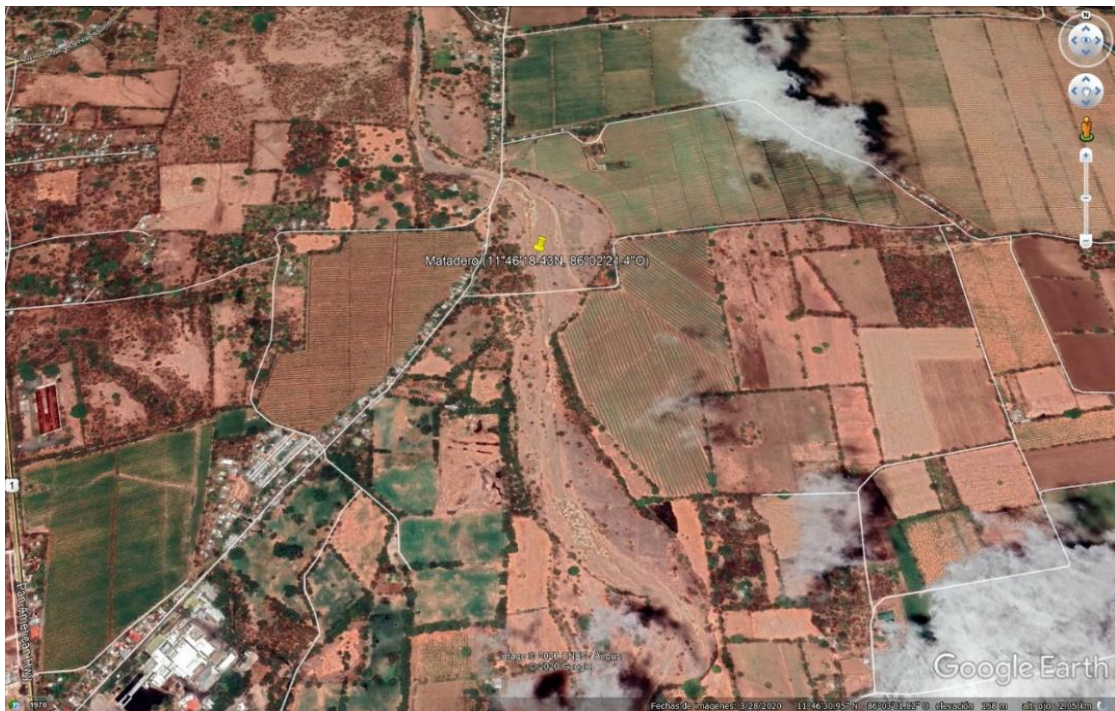
En el municipio de Nandaime no existen aeropuertos.

3.1.3. Macro y micro localización de los posibles bancos

3.1.3.1. Banco Matadero

El banco Matadero es el más cercano a la entrada o carretera principal. Su macro ubicación es: Departamento de Granada, municipio de Nandaime, entrada al municipio, de la gasolinera UNO, 1.45 km al este. Y su micro ubicación es: latitud (11°46'18.43"N) y longitud (86°02'21.40"O). Alrededor de la zona, solamente se encuentran predios vacíos y algunas zonas agrícolas.

Imagen 4. Ubicación del banco “Matadero”



Fuente: Google Earth

Imagen 5. Banco de materiales “Matadero”



Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2. Banco Arroyo

El banco Arroyo se encuentra a una distancia de 2.66 km con respecto a la carretera principal, Alrededor de la zona está comprendido por predios vacíos y algunos asentamientos a 200 metros, Además abundante vegetación en gran parte de sus límites. Su macro ubicación es: Departamento de Granada, municipio de Nandaime, entrada al municipio, de la gasolinera UNO, 2.6 km al este. Y su micro ubicación es: latitud ($11^{\circ}46'54.54''N$) y longitud ($86^{\circ}02'33.26''O$).

Imagen 6. Ubicación del banco “Arroyo”



Fuente: Google Earth

Imagen 7. Banco de materiales “Arroyo”



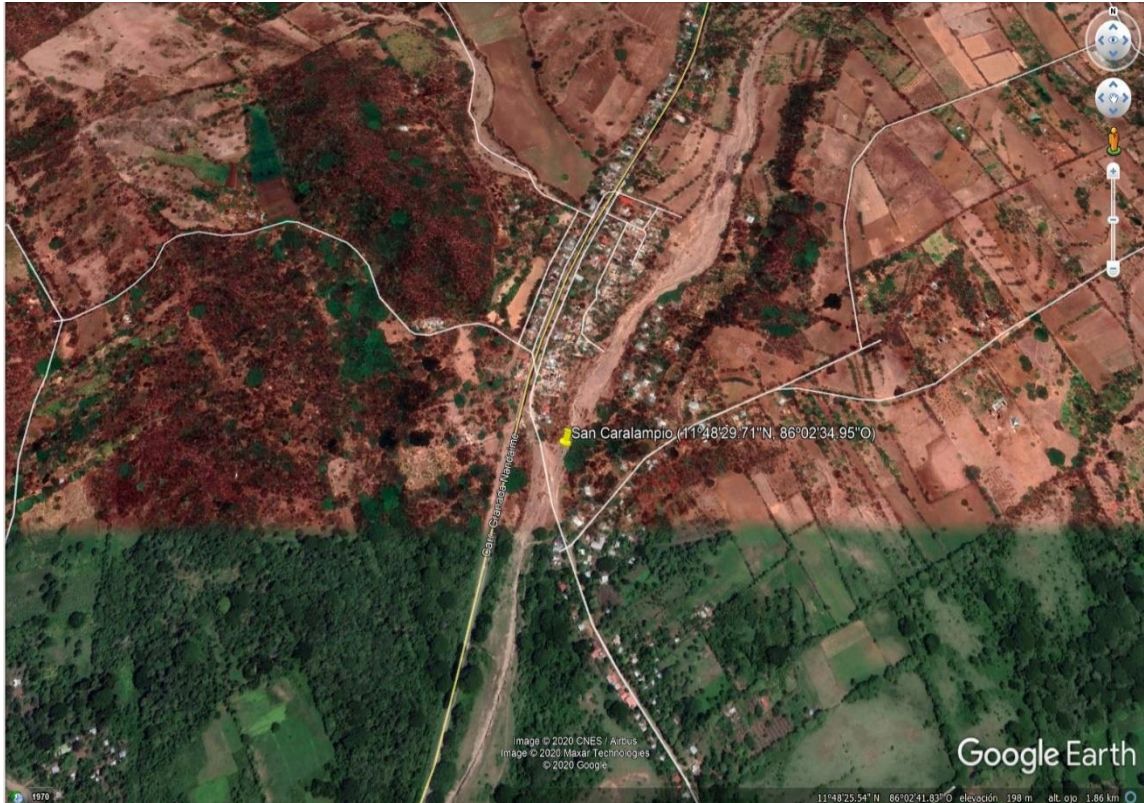
Fuente: Elaboración propia

3.1.3.3. Banco San Caralampio

El banco San Caralampio se encuentra a una distancia aproximada de 5.54 km desde la carretera principal, aunque también existe otra salida más próxima pero el camino es sinuoso, está rodeado de abundante vegetación y existen pocos asentamientos cerca del río. Su macro ubicación es: Departamento de Granada, municipio de Nandaime, entrada al municipio, de la gasolinera UNO, 5.5 km al

este. Y su micro ubicación es: latitud (11°48'29.71"N) y longitud (86°02'34.95"O). En la imagen 8 se aprecia la ubicación y alrededores del banco.

Imagen 8. Ubicación del banco “San Caralampio”



Fuente: Google Earth

Imagen 9. Banco de materiales “San Caralampio”



Fuente: Elaboración propia

3.1.3.4. Banco patrón

El banco de materiales Motastepe se trata de un montículo cónico que tiene una altura de 360 m sobre del nivel del mar, su macro ubicación es: Departamento de Managua, municipio de Ciudad Sandino al occidente de la ciudad capital, Km. 7 ½ de la carretera nueva Managua – León. Y su micro ubicación es: latitud (12°7'56.80"N), longitud (86°19'26.24"O).

Imagen 10. Ubicación del banco patrón (Motastepe)



Fuente: Google Earth

Imagen 11. Banco “Motastepe”



Fuente: El Nuevo Diario

3.1.4. Volumen y disponibilidad de material

Resulta muy importante recalcar que los bancos de materiales Arroyo, Matadero y San Caralampio, se tratan de un río que en tiempo de verano el material queda sobre la superficie listo para ser explotado, después de pasar por un proceso natural debido a las corrientes de agua que se producen en invierno. Esta parte también es un factor negativo, debido a que el aprovechamiento está limitado al tiempo de verano.

El volumen de material del banco patrón (Motastepe) en la actualidad es desconocido, ya que se cree que una parte del cerro también está compuesto por roca, sin embargo, se estima que diariamente se extraen entre 400 y 500 m³ de arena, y que posee reserva para 15 a 20 años con el mismo ritmo de explotación.

Para la determinación del volumen aproximado de material que poseen los bancos se utilizó el método de volumen entre superficies, para ello recorrieron las zonas y se delimito un área aproximada con ayuda de Google Earth, como se muestra en la imagen 12.

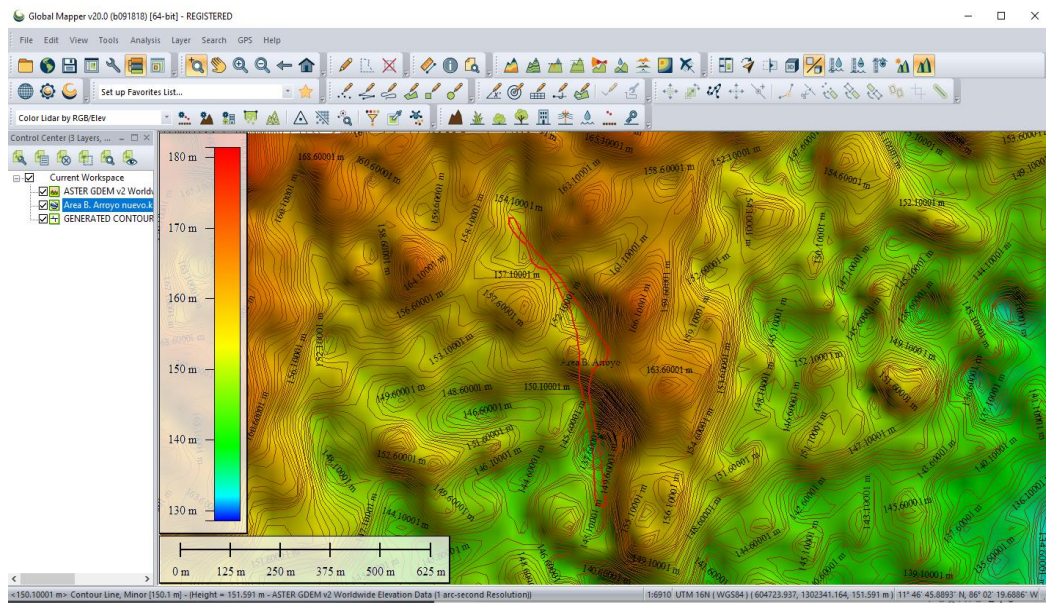
Imagen 12. Delimitación del área del banco Arroyo



Fuente: Google Earth

Una vez delimitada el área de trabajo y con las coordenadas correspondientes, se procede a trazar las curvas de nivel a una distancia de un metro con ayuda del software Global Mapper V.20, como se aprecia en la imagen 13.

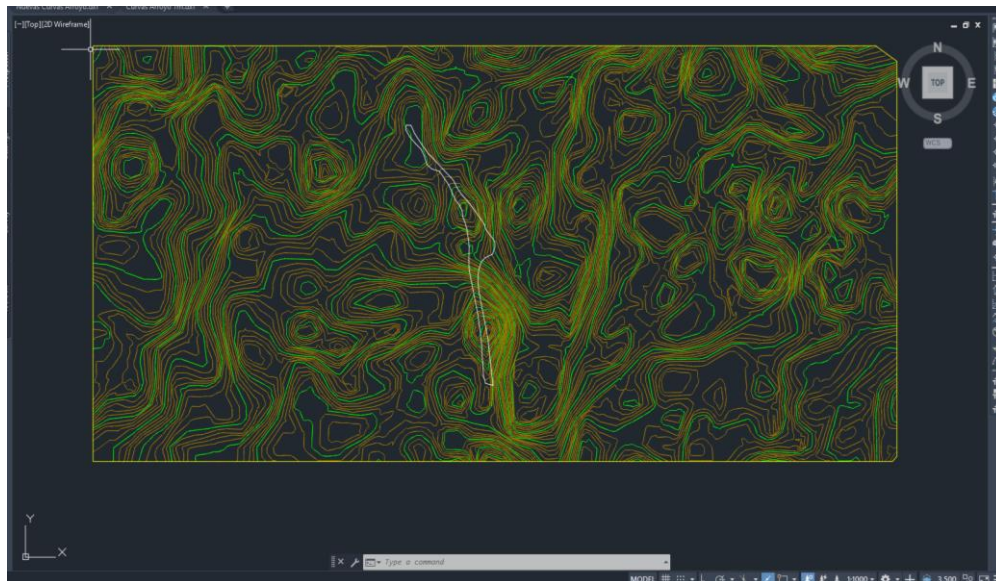
Imagen 13. Determinación de las curvas de nivel de la zona del banco Arroyo



Fuente: Global Mapper

Esta base de datos se exporta al software AutoCAD Civil 3D, en el cual se crea una superficie de trabajo en la que se redefinen las curvas de nivel a una distancia de medio metro y se mejora la suavidad de las mismas, como se observa en la imagen 14.

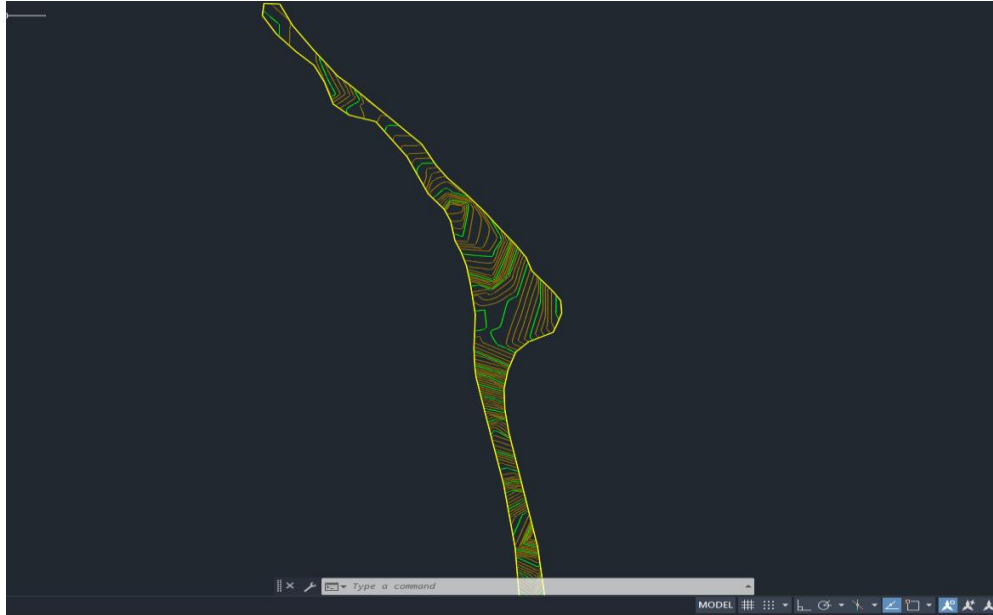
Imagen 14. Curvas de nivel de la zona del banco Arroyo



Fuente: AutoCAD Civil 3D

Para efectos prácticos estas nuevas curvas se recortan con el área definida anteriormente, como se muestra en la imagen 15.

Imagen 15. Curvas de nivel del área delimitada del banco Arroyo

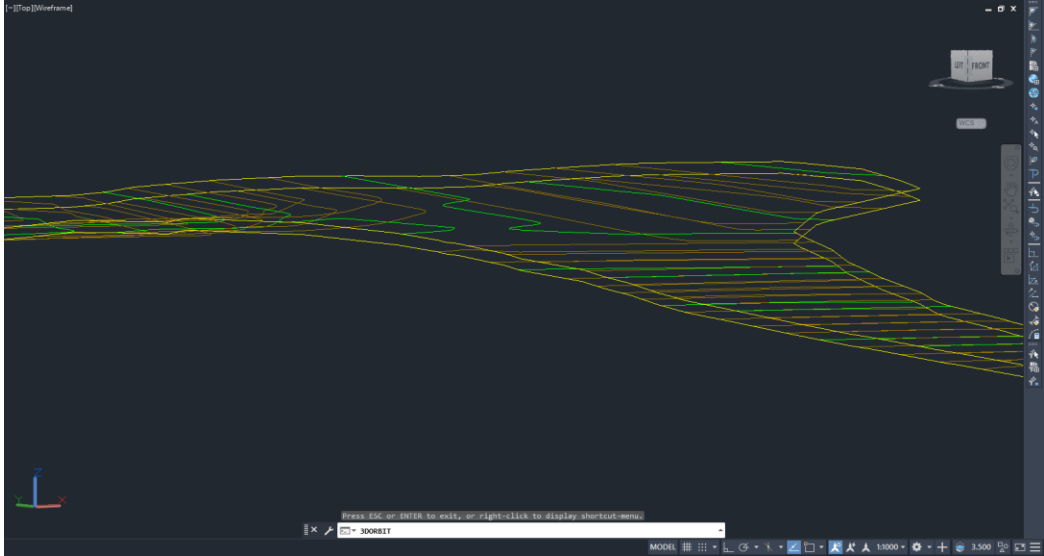


Fuente: AutoCAD Civil 3D

Debido a que el origen del material de estos bancos es producido principalmente por la acumulación de arena que es causada por la escorrentía proveniente de aguas arriba y mediante las visitas de campo se considera un descapote de material de 1.25 metros de profundidad, con estos datos se procede a crear una superficie de corte de material por debajo de las curvas existentes (Imagen 16).

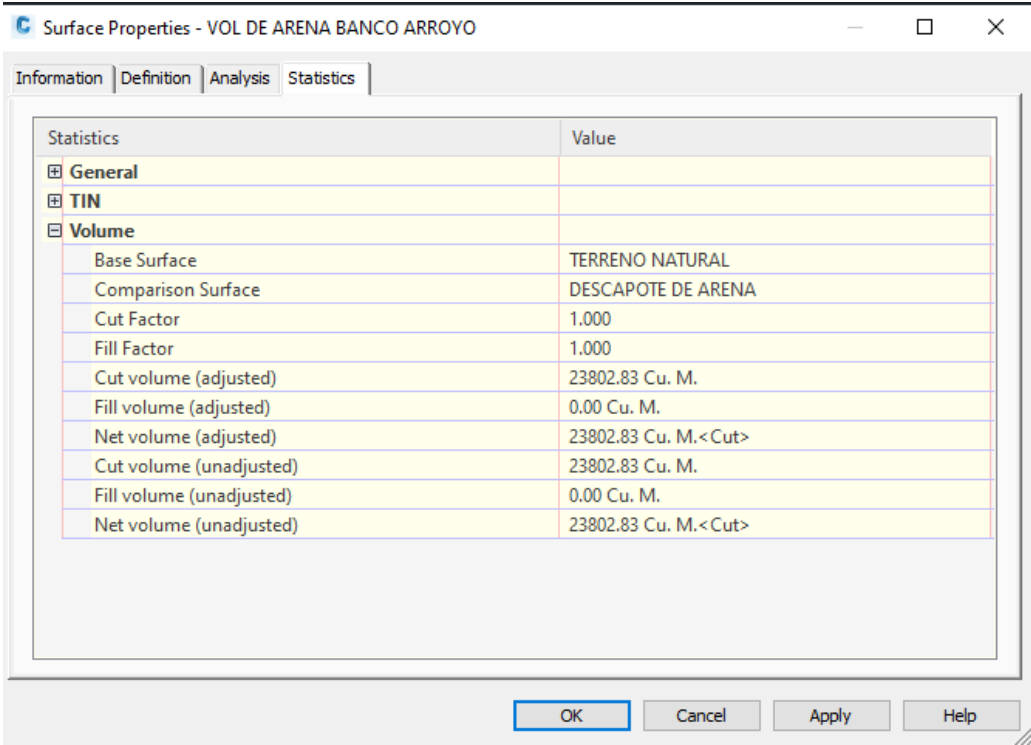
Una vez establecidas estas dos superficies, se crea una superficie la cual tiene como fin realizar una comparación y determinar el volumen existente entre ellas, como se aprecia en la imagen 17.

Imagen 16. Superficie de corte de material para determinación de volumen



Fuente: AutoCAD Civil 3D

Imagen 17. Datos de volumen de material del banco Arroyo



Fuente: AutoCAD Civil 3D

Con esta superficie de volumen se procede a generar el reporte de volumen de corte (Imagen 18).

Imagen 18. Reporte de volumen de material del banco Arroyo

Cut/Fill Report							
Generated:		2020-11-11 20:23:56					
By user:		marce					
Drawing:		C:\Users\marce\OneDrive\Monografia\ARCHIVOS DE UBICACION\Volumenes\curvas\Arroyo\C:\Users\marce\OneDrive\Monografia\ARCHIVOS DE UBICACION\Volumenes\curvas\Arroyo\Volumen Banco Arroyo.dwg					
Volume Summary							
Name	Type	Cut Factor	Fill Factor	2d Area (sq.m)	Cut (Cu. M.)	Fill (Cu. M.)	Net (Cu. M.)
VOL DE ARENA BANCO ARROYO	fill	1.000	1.000	19042.26	23802.83	0.00	23802.83<Cut>
Totals							
				2d Area (sq.m)	Cut (Cu. M.)	Fill (Cu. M.)	Net (Cu. M.)
Total				19042.26	23802.83	0.00	23802.83<Cut>

* Value adjusted by cut or fill factor other than 1.0

Fuente: AutoCAD Civil 3D

Este proceso se realizó para cada uno de los bancos, y así se obtuvo un volumen aproximado de material, en la tabla 4 se muestran los resultados.

Tabla 4. Volumen de material extraíble	
Banco	Volumen (m ³)
Motastepe	Desconocido
Arroyo	23,802
Matadero	55,436
San Caralampio	42,056

Fuente: Elaboración propia

3.1.5. Selección de los bancos

En base a los criterios anteriores, los bancos de materiales de agregados finos seleccionados para realizar el estudio, fueron tres: Arroyo, Matadero y San Caralampio, llamados así por las comunidades donde se encuentran. Estos cumplen con los parámetros establecidos en la norma jurídica “Aprovechamiento de los bancos de materiales para la construcción”; y además, cuentan con volúmenes (aproximados) de material considerable para ser explotados.

En la tabla 5 se resume el nombre, ubicación, volumen explotable, condiciones de extracción actual, y dueño de los bancos de agregados finos seleccionados en el municipio de Nandaime y banco patrón.

Tabla 5. Volumen de material de los bancos de Nandaime y patrón				
Nombre del banco	Ubicación	Volumen explotable (m³)	Tipo de extracción actual	Dueño actual
	Coordenadas (grados, min, seg)			
Motastepe	12°7'56.80"N 86°19'26.24"O	Desconocido	Mecánica	Arenas Nacionales, S. A
Arroyo	11°46'54.54"N 86°02'33.26"O	23,802	Manual	Alcaldía de Nandaime
Matadero	11°46'18.43"N 86°02'21.4"O	55,436	Manual	Alcaldía de Nandaime
San Caralampio	11°48'29.71"N 86°02'34.95"O	42,056	Manual	Alcaldía de Nandaime

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6. Impacto a nivel municipal

En ingeniería civil se seleccionan los áridos según su capacidad para satisfacer los requisitos específicos de cada proyecto, más que según su historia geológica. Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de los bancos de materiales del municipio de Nandaime indicarán su factibilidad para ser utilizado como agregado fino en mezclas de concreto. Estas propiedades varían de acuerdo a cada banco de material.

Los bancos de materiales seleccionados brindarán un impacto positivo en el municipio de Nandaime, desde el punto de vista económico. Siendo el segundo municipio más importante de Granada, consta de 37,413 habitantes, distribuidos en 79 comunidades. De acuerdo al banco central de Nicaragua, en su cartografía

digital y censo de edificaciones del municipio de Nandaime, existen alrededor de 5,679 edificaciones (Año 2017), en el sector de industrias existen 4 establecimientos dedicados a la elaboración de materiales de construcción y 10 ferreterías. Aunque no existan datos del año actual, cada año existe un incremento y cada uno de estas industrias serán beneficiadas, al igual que los consumidores y proyectos de gran magnitud que se lleven a cabo cerca de la zona.

Gráfico 1. Número de industrias manufactureras en el municipio de Nandaime



Fuente: Banco Central de Nicaragua

Gráfico 2. Número de establecimientos que brindan diversos servicios en el municipio de Nandaime.



Fuente: Banco Central de Nicaragua

3.2. Extracción y muestreo del material para ensayos de laboratorio

3.2.1. Arenas de Nandaime y Motastepe

La arena utilizada para realizar los ensayos de laboratorio de cada uno de los bancos de materiales de Nandaime (Matadero, Arroyo, y San Caralampio) fue extraída de cada uno de los sitios, y transportada por medios propios.

La arena de Motastepe utilizada para realizar los ensayos de laboratorio se compró en un local de venta de materiales de construcción, se procuró que esta fuese recién extraída del sitio para que no perdiera sus propiedades.

Imagen 19. Extracción de material – banco San Caralampio



Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Muestreo y reducción de muestras

La cantidad de material extraído para uno cada de los bancos de Nandaime fue aproximadamente de 40 kg (100 libras), tomando en cuenta que la cantidad mínima de muestra de campo (normativa ASTM D-75) es de 10 kg o 25 libras. La muestra total de arena de Motastepe que se compró fue de aproximadamente 40 kg (100 libras).

En el laboratorio se realizó la reducción de muestras para cada uno de los bancos (El método está descrito en la normativa ASTM C - 702, y se justifica debido a que el agregado posee humedad libre en la superficie de la partícula).

Imagen 20. Método de Reducción de muestra - Banco Matadero



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 21. Método de Reducción de muestra - Banco Arroyo



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 22. Material reducido – Banco Arroyo



Fuente: Elaboración Propia

3.3. Determinación y análisis de las propiedades de las arenas

Las propiedades físicas que se tomaron en cuenta para el análisis de los agregados finos de los bancos de materiales ubicados en el municipio de Nandaime, así como el material del banco patrón, fueron las siguientes: contenido de humedad, pesos unitarios, porcentaje de absorción, gravedad específica, porcentaje de vacíos, e impurezas orgánicas. La propiedad mecánica que se consideró fue granulometría.

a. Contenido de humedad

El contenido de humedad de las muestras obtenidas de cada banco se determinó de acuerdo a la norma ASTM C-566, para este ensayo se tomaron tres muestras, y de estas se obtuvo un promedio. Los resultados se observan en la tabla 6. Los valores de humedad se obtuvieron utilizando la ecuación No.1.

Ec No. 1:

$$\%w = \frac{PMH - PMS}{PMS} \times 100$$

Donde:

- %w: Porcentaje de humedad
- PMH: Peso de la muestra húmeda
- PMS: Peso de la muestra seca

Los valores máximos de humedad en agregados finos para concreto varían de 3% a 8%. (Steven H. Kosmatka, 1992). Los resultados de humedad promedio para el material del banco patrón, Arroyo, Matadero y San Caralampio fueron 4.20%, 4.98%, 6.85% y 3.63%, respectivamente. Por lo tanto, se comprueba que se encuentran en el rango de humedades máximas, de manera que tendrían buena trabajabilidad en las mezclas de concreto.

Tabla 6. Contenido de humedad				
Agregado:	Arena	Banco:	Arroyo	
Ensayo No.			1	2
Peso de agregado húmedo (grs)			500.00	500.00
Peso de agregado seco (grs)			476.60	476.20
Contenido de humedad (%)			4.91	5.00
Contenido de humedad promedio (%)			4.98	
Agregado:	Arena	Banco:	Matadero	
Ensayo No.			1	2
Peso de agregado húmedo (grs)			500.00	500.00
Peso de agregado seco (grs)			468.60	467.80
Contenido de humedad (%)			6.70	6.88
Contenido de humedad promedio (%)			6.85	
Agregado:	Arena	Banco:	San Caralampio	
Ensayo No.			1	2
Peso de agregado húmedo (grs)			500.00	500.00
Peso de agregado seco (grs)			482.60	482.40
Contenido de humedad (%)			3.61	3.65
Contenido de humedad promedio (%)			3.63	
Agregado:	Arena	Banco:	Motastepe	
Ensayo No.			1	2
Peso de agregado húmedo (grs)			500.00	500.00
Peso de agregado seco (grs)			479.80	480.00
Contenido de humedad (%)			4.21	4.17
Contenido de humedad promedio (%)			4.20	

Fuente: Elaboración Propia

El valor de humedad es relevante al momento de realizar el diseño de mezclas de concreto, ya que permite determinar la cantidad total de agua aproximada que se necesita; una mayor o menor cantidad de agua de la necesaria, afectaría la trabajabilidad y resistencia de la mezcla.

La humedad que se determinó corresponde a la cantidad de agua que poseen las partículas de la arena en sus huecos accesibles y superficie, con relación al peso seco de la muestra. La arena del banco Matadero presentó el mayor valor (6.85%), lo que aportaría una humedad en el diseño de altos volúmenes de concreto.

No obstante, la humedad es un valor que puede variar en dependencia de factores como el clima, el lugar donde se extrae la muestra y pérdida de humedad durante el traslado, por esta razón es recomendable realizar ensayos de laboratorio cada vez que se haga uso de cualquier banco de agregados finos, ya sea para ser usado en mezclas de mortero y concreto.

b. Gravedad específica y porcentaje de absorción

Mediante el procedimiento descrito en la norma ASTM C-128, se determinó la gravedad específica y porcentaje de absorción de los agregados finos. Se tomaron cinco muestras, cada una de 500g de arena en condición saturada superficialmente seca; además fueron descartados los valores que se encuentran fuera del comportamiento normal, es decir, aquellos que pueden afectar los resultados. Con las ecuaciones No.5, No.6 y No.7 se determinaron los tres tipos de gravedad específica más usados en el diseño de mezclas de concreto, y están basados en dependencia de la porosidad del material. El porcentaje de absorción se determinó con la ecuación No.8. Los resultados de estas pruebas se muestran en la tabla 7.

Imagen 23. Muestra saturada y muestra saturada superficialmente seca



Fuente: Manual de ensayos para laboratorio. (Instituto Mexicano del Transporte, 2019)

Ec No. 2:

$$G_e = \frac{A}{D + B - C}$$

Ec No. 3:

$$G_{esss} = \frac{B}{D + B - C}$$

Ec No. 4:

$$G_{eap} = \frac{A}{D + A - C}$$

Ec No. 5:

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} \times 100$$

- G_e : Gravedad específica
- G_{esss} : Gravedad específica saturada superficialmente seca.
- G_{eap} : Gravedad específica aparente.
- %Abs: Porcentaje de absorción.
- A: Peso de la muestra secada al horno (gr).
- B: Peso de la muestra en la condición saturada superficialmente seca (gr).
- C: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)
- D: Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

La mayoría de los agregados finos tienen gravedades específicas que varían de 2.4 a 2.9 (Steven H. Kosmatka, 1992). Los resultados de densidad relativa para los materiales del banco patrón, Arroyo, Matadero y San Caralampio fueron 2.25, 2.12, 2.44, y 2.51, respectivamente. La densidad relativa del material de los bancos patrón y Arroyo se encuentra por debajo del margen mínimo, esto no significa que no puedan usarse como agregado; en ambos casos es recomendable usarlos para obras donde el concreto o mortero no requieran altas resistencias. El material del banco Matadero y San Caralampio se encuentran dentro del rango de aceptación de densidades para ser utilizado como agregado en mezclas de concreto.

Tabla 7. Gravedad específica y porcentaje de absorción					
Agregado	Arena	Banco:	Arroyo		
Ensayo No.			1	2	3
Gravedad específica (Densidad relativa)			1.79	2.26	2.31
Gravedad específica promedio			2.12		
Gravedad específica SSS			1.88	2.38	2.42
Gravedad específica SSS promedio			2.23		
Gravedad específica aparente			1.97	2.58	2.61
Gravedad específica aparente promedio			2.39		
Porcentaje de absorción			5.17	5.11	5.11
Porcentaje de absorción promedio			5.13		
Agregado	Arena	Banco:	Matadero		
Ensayo No.			1	2	3
Gravedad específica (Densidad relativa)			2.42	2.44	2.45
Gravedad específica promedio			2.44		
Gravedad específica SSS			2.47	2.51	2.49
Gravedad específica SSS promedio			2.49		
Gravedad específica aparente			2.55	2.62	2.56
Gravedad específica aparente promedio			2.58		
Porcentaje de absorción			2.08	2.17	1.79
Porcentaje de absorción promedio			2.01		
Agregado	Arena	Banco:	San Caralampio		
Ensayo No.			1	2	3
Gravedad específica (Densidad relativa)			2.50	2.25	2.51
Gravedad específica promedio			2.51		
Gravedad específica SSS			2.57	2.59	2.58
Gravedad específica SSS promedio			2.58		
Gravedad específica aparente			2.69	2.70	2.70
Gravedad específica aparente promedio			2.70		
Porcentaje de absorción			2.73	2.77	2.82
Porcentaje de absorción promedio			2.77		
Agregado	Arena	Banco:	Motastepe		
Ensayo No.			1	2	3
Gravedad específica (Densidad relativa)			2.25	2.25	2.25
Gravedad específica promedio			2.25		
Gravedad específica SSS			2.38	2.37	2.37
Gravedad específica SSS promedio			2.37		
Gravedad específica aparente			2.57	2.56	2.56
Gravedad específica aparente promedio			2.56		
Porcentaje de absorción			5.49	5.31	5.51
Porcentaje de absorción promedio			5.43		

Fuente: Elaboración Propia

El porcentaje de absorción de los agregados finos varía de 0.2% a 2% (Steven H. Kosmatka, 1992). El material de los bancos patrón, Arroyo, Matadero y San Caralampio presentaron porcentajes de absorción de 5.43%, 5.13%, 2.01%, y 2.77%, respectivamente. Todos presentaron valores por encima de los límites, esto no implica que el material no es apto para la construcción, sino que afecta en la relación agua/cemento y trabajabilidad de la mezcla. Para la producción de un buen concreto se debe tener un control exacto del agua total en la mezcla, tomando en cuenta la absorción y el contenido de humedad.

c. Pesos volumétricos y contenido de vacíos.

Los pesos unitarios o volumétricos y el contenido de vacíos se calcularon según el procedimiento establecido en la norma ASTM C-29. Se hizo uso de las ecuaciones No.2 y No.3 para determinar el peso volumétrico seco suelto y peso volumétrico seco compacto, para determinar el porcentaje de vacíos se utilizó la ecuación No.4. Para este ensayo se realizaron cinco pruebas a distintas muestras, fueron descartados los valores que se encuentran fuera del comportamiento normal, para evitar afectar los resultados, los cuales se muestran en la tabla 8.

Ec No. 6:

$$PVSS = \frac{W_s}{\text{volumen del recipiente}}$$

Ec No. 7:

$$PVSC = \frac{W_s}{\text{volumen del recipiente}}$$

Ec No. 8:

$$\% \text{ vacíos} = \frac{G_e \times \gamma_w - PVSC}{G_e \times \gamma_w} \times 100$$

Donde:

- W_s : Peso de material seco contenido en el recipiente.
- PVSS: Peso volumétrico seco suelto.
- PVSC: Peso volumétrico seco compacto.
- G_e : Gravedad específica
- γ_w : Densidad del agua

Tabla 8. Peso volumétrico seco suelto y peso volumétrico seco compacto.					
Agregado:	Arena	Banco:	Arroyo		
Ensayo No.			1	2	3
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)			1357.99	1364.15	1380.48
Peso volumétrico seco suelto promedio (kg/m ³)			1367.54		
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)			1462.42	1495.69	1508.02
Peso volumétrico seco compacto promedio (kg/m ³)			1488.71		
Porcentaje de vacíos (%)			30.70	29.13	28.54
Porcentaje de vacíos promedio (%)			29.46		
Agregado:	Arena	Banco:	Matadero		
Ensayo No.			1	2	3
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)			1614.30	1616.77	1623.54
Peso volumétrico seco suelto promedio (kg/m ³)			1618.20		
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)			1721.51	1722.74	1740.92
Peso volumétrico seco compacto promedio (kg/m ³)			1728.39		
Porcentaje de vacíos (%)			29.06	29.01	28.26
Porcentaje de vacíos promedio (%)			28.77		
Agregado	Arena	Banco:	San Caralampio		
Ensayo No.			1	2	3
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)			1432.23	1435.00	1438.70
Peso volumétrico seco suelto promedio (kg/m ³)			1435.31		
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)			1595.82	1602.90	1608.14
Peso volumétrico seco compacto promedio (kg/m ³)			1602.29		
Porcentaje de vacíos (%)			36.08	35.79	35.58
Porcentaje de vacíos promedio (%)			35.82		
Agregado:	Arena	Banco:	Motastepe		
Ensayo No.			1	2	3
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)			1335.80	1338.89	1355.83
Peso volumétrico seco suelto promedio (kg/m ³)			1343.51		
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)			1456.26	1456.57	1469.51
Peso volumétrico seco compacto promedio (kg/m ³)			1460.78		
Porcentaje de vacíos (%)			35.04	35.03	34.45
Porcentaje de vacíos promedio (%)			34.84		

Fuente: Elaboración Propia

El peso unitario seco suelto de agregados finos usados en mezclas de concreto estándar varía ente 1,200 kg/m³ y 1,750 kg/m³ (72 a 110 lb/pie³) (Steven H. Kosmatka, 1992). El material del banco Patrón, Arroyo, Matadero y San Caralampio, presentaron valores promedios de peso unitario seco suelto de 1343.5 kg/m³, 1367.5 kg/m³, 1618.2 kg/m³ y 1435.3 kg/m³, respectivamente; por lo tanto, se comprobó que estos se encuentran dentro del rango normal de densidades para elaborar concreto.

Es importante destacar que el peso unitario no es precisamente un valor que determine la calidad del agregado, este se utiliza en mezclas de concreto para realizar la conversión masa/volumen en la determinación de materiales; y es utilizado también para determinar el porcentaje de vacíos. Este último nos indica la cantidad de vacíos que existen entre partículas del árido en su estado suelto, esto influye en la demanda de material cementante en mezclas de concreto.

El porcentaje de vacíos en agregados finos varía de 40% a 50% (Steven H. Kosmatka, 1992). En los ensayos realizados se obtuvieron valores de 34.8%, 29.5%, 28.8% y 35.8% para el material del banco patrón, Arroyo, Matadero, y San Caralampio, respectivamente. Lo que indica valores bajos, esto resulta positivo porque se tendría una menor demanda de pasta de cemento. En la actualidad se sabe que la producción de un concreto satisfactorio y económico requiere agregados con baja cantidad de vacíos, pero no la más baja (Steven H. Kosmatka, 1992). En realidad, la cantidad de pasta de cemento necesaria en el concreto es mayor que el volumen de vacíos entre los agregados. La cantidad real se influencia por la trabajabilidad y cohesión de la pasta.

d. Análisis granulométrico

Se realizó el análisis granulométrico según el procedimiento definido en la Norma ASTM C-136, tomando cinco muestras de material de 500g aproximadamente cada una. Se realizó un promedio para obtener un valor real aproximado. La norma especifica el porcentaje en peso de agregado que debe pasar por cada

tamiz, para así calcular el módulo de finura, lo cual indica el tamaño promedio del agregado. Si este material es demasiado fino provocaría más gasto al momento de realizar la mezcla de concreto; de lo contrario, si el material es más grueso puede causar el fenómeno de segregación de la mezcla.

Para poder calcular los porcentajes pasantes en cada malla es necesario hacer uso de las ecuaciones No.9, No 10, No11, y No.12. Estos porcentajes se grafican para obtener la curva granulométrica del ensayo, en esta también se representan los valores permitidos por la norma ASTM C-33 y se tiene una mejor perspectiva del tamaño de las partículas del material.

Ec No. 9:

$$\% RP = \frac{\text{Peso retenido en cada tamiz}}{\text{Peso seco total}} \times 100$$

Ec No. 10:

$$\% RA = \%RA_i + \%RP_{i+1}$$

Ec No. 11:

$$\% Pasa = 100 - \%RA$$

Ec No. 12:

$$MF = \frac{\left(\sum \%RA \text{ (desde } \frac{3''}{8} \text{ hasta } \#100) \right)}{100}$$

Donde:

- % RP: Porcentaje retenido parcial.
- % RA: Porcentaje retenido acumulado.
- % RA_i: Porcentaje retenido acumulado inicial.
- %RP_{i+1}: Porcentaje retenido parcial siguiente al que se está calculando.
- MF: Módulo de finura.

La ASTM C – 33 indica dos requisitos importantes que se deben evaluar en la granulometría del agregado fino:

- El agregado fino no debe contener más del 45% de material retenido entre cualquiera dos tamices normalizados consecutivos.
- El módulo de finura debe ser mayor que 2.3 y menor que 3.1, y no debe variar más que 0.2 del valor típico de la fuente del agregado. Si se excede este valor, el agregado se debe rechazar, a menos que se hagan ajustes adecuados en la proporción entre los agregados fino y grueso.

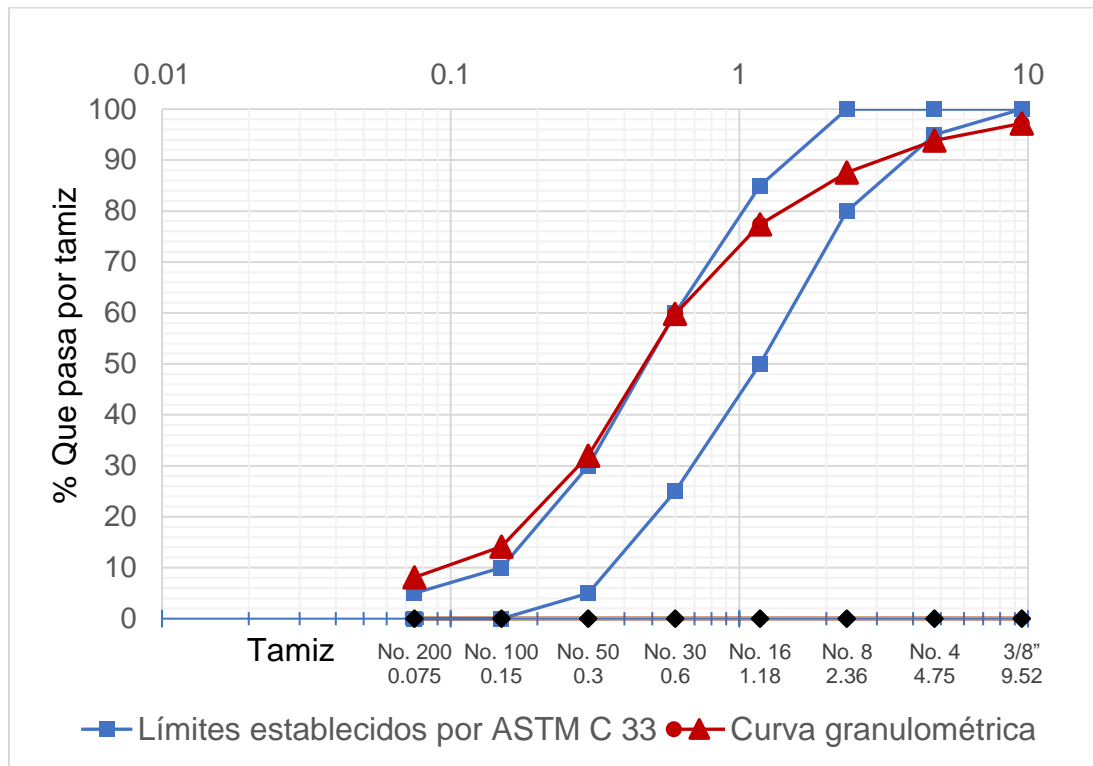
Las cantidades de agregados finos que pasan a través de los tamices No. 50 y No. 100 afectan la trabajabilidad, textura superficial, contenido de aire y exudación del concreto. (Steven H. Kosmatka, 1992). La norma permite el rango de 5% al 30% en porcentajes que pasan el tamiz No. 50. El material cercano al límite inferior puede ser suficiente para condiciones de fácil colocación o donde se acabe el concreto mecánicamente, como ocurre en los pavimentos. Sin embarco, donde se desee una textura superficial lisa, se debe tener un agregado fino con, por lo menos, 15% de masa que pase el tamiz No. 50. Y 3% o más en el tamiz No. 100.

Las siguientes tablas y gráficos muestran los porcentajes de material que pasa en cada malla y el módulo de finura (MF) promedio para cada banco, cabe destacar que la curva granulométrica se realizó en base a los datos promedios de porcentaje que pasa realizados en lo cinco ensayos. Los resultados de peso retenido parcial, porcentaje retenido parcial y porcentaje retenido acumulado se encuentran en la sección de anexos (Tabla A6(a), A6(b), A6(c) y A6(d). pág. *xiii*).

Tabla 9. Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "Arroyo"						
Tamiz	Porcentaje que pasa %					
	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Promedio
3/8	97.36	98.90	92.52	99.12	98.10	97.20
No 4	95.32	95.06	89.16	96.56	93.06	93.83
No 8	90.52	87.82	83.66	89.68	86.14	87.56
No 16	81.64	76.56	75.58	78.80	74.36	77.39
No 30	63.44	58.30	60.18	60.80	56.28	59.80
No 50	33.70	31.74	32.66	32.60	29.36	32.01
No 100	14.48	14.64	14.34	14.40	12.88	14.15
No 200	8.10	8.28	8.04	8.26	7.86	8.11
MF	2.38					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3. Curva granulométrica - Agregado fino del banco "Arroyo"



Fuente: Elaboración Propia

Para el banco Arroyo, el porcentaje retenido por el tamiz 3/8" y No. 4 equivale a 6.17%, correspondiente al porcentaje de sobretamaño o desperdicio para una muestra de 500 gramos. La muestra presenta 6.27% de arena gruesa, 27.76% de arena media, 51.69% de arena fina, y 8.11% de finos.

En los tamices consecutivos No 30 - No 50 y No 50 – No 100, el porcentaje retenido parcial es 45.38% y 45.65%, respectivamente. Por lo tanto, sobrepasa en pequeños porcentajes el límite (45%) que establece la norma ASTM C 33 para tamices consecutivos. El módulo de finura que presentó fue de 2.38; por lo tanto, se encuentra dentro de los límites de aceptación establecidos por la norma.

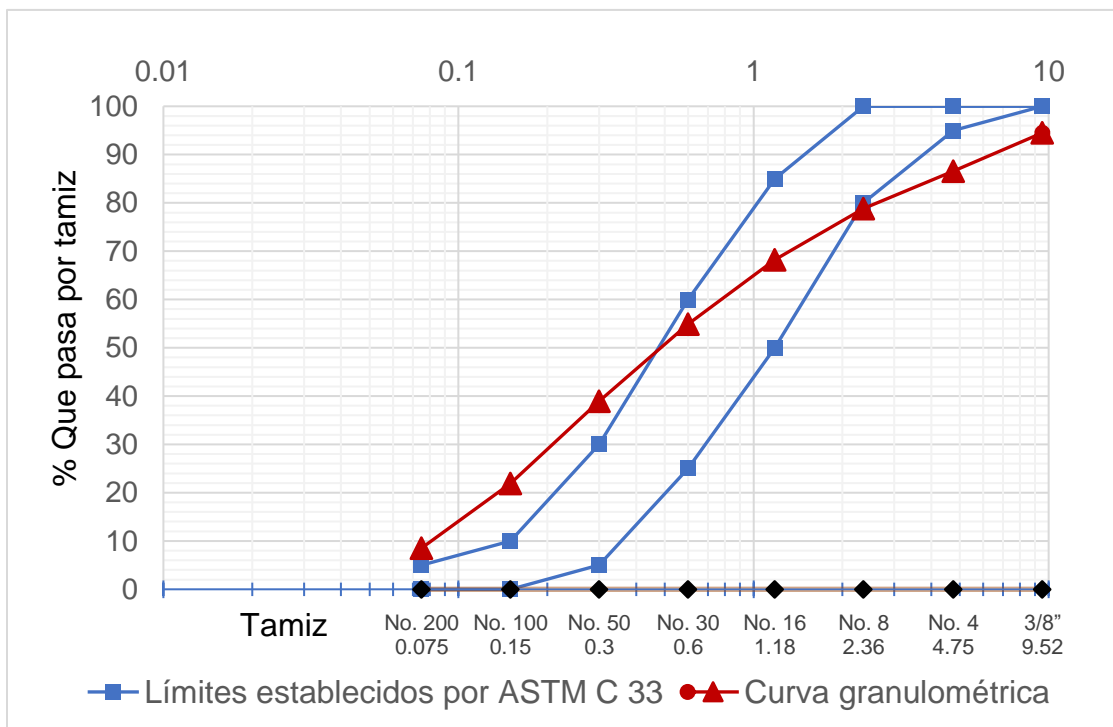
En la curva granulométrica (gráfico 3) se observa que el porcentaje que pasa por los tamices No 50, No 100, y No 200, son mayores a los establecidos en los límites, esto significa que el material retiene menos de lo permitido y puede afectar la textura final de la mezcla; en estos tamices se tiene una distribución discontinua de partículas e indica que posee más arena fina de lo que debería. Además en el

tamiz 3/8" el porcentaje retenido debería ser nulo, sin embargo, tiene 2.8% de material retenido parcial, y en el tamiz No 4 el porcentaje que pasa (93.83%) es menor al límite inferior, lo que implica que retiene más de lo establecido. En otras palabras, el porcentaje de desperdicio sería considerable para altos volúmenes de concreto.

Tabla 10. Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "Matadero"						
Tamiz	Porcentaje que pasa %					Promedio
	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	
3/8	92.38	94.54	96.64	96.80	92.14	94.50
No 4	83.28	85.66	89.20	89.86	84.84	86.57
No 8	74.90	77.92	81.82	82.00	77.50	78.83
No 16	63.52	67.40	72.08	70.80	67.18	68.20
No 30	49.76	54.82	59.38	56.50	54.00	54.89
No 50	34.66	39.12	42.70	40.02	38.36	38.97
No 100	19.40	22.46	24.28	22.14	21.30	21.92
No 200	7.84	8.70	9.00	8.98	8.20	8.54
MF	2.55					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4. Curva granulométrica- Agregado fino del banco "Matadero"



Fuente: Elaboración Propia

Para el banco Matadero, el porcentaje retenido por el tamiz 3/8" y No. 4 equivale a 13.43%, correspondiente al porcentaje de sobretamaño o desperdicio para una muestra de 500 gramos. La muestra presenta 7.74% de arena gruesa, 23.94% de arena media, 46.35% de arena fina, y 8.54% de finos.

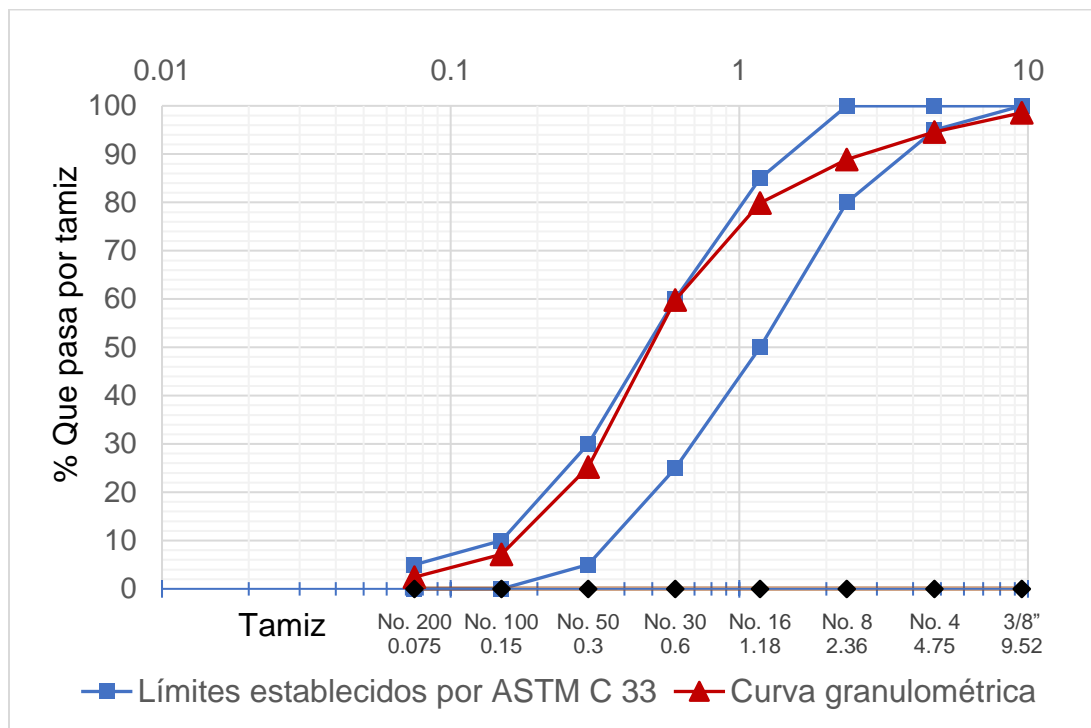
No posee porcentajes de peso retenido mayores de 45% en dos tamices consecutivos. El módulo de finura que presentó es de 2.55; por lo tanto, se encuentra dentro de los límites de aceptación establecidos por la norma.

En la curva granulométrica (gráfico 4) se observa que el porcentaje que pasa por los tamices No 50, No 100, y No 200, son mayores a los que establecen los límites, esto significa que el material retiene menos de lo que establecido y puede afectar la textura final de la mezcla y la manejabilidad; en estos tamices se tiene una distribución discontinua de partículas, se tiene mayor cantidad de arena fina. Además en el tamiz 3/8" el porcentaje retenido debería ser nulo, sin embargo, tiene 5.5% de material retenido parcial, y en el tamiz No 4 el porcentaje que pasa (86.57%) es menor al límite inferior, lo que implica que retiene más de lo establecido. En otras palabras, el porcentaje de desperdicio sería considerable para altos volúmenes de concreto. De igual forma en el tamiz No 8, presenta un menor porcentaje que pasa (78.83%), por debajo de límite inferior.

Tabla 11. Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "San Caralampio"						
Tamiz	Porcentaje que pasa %					Promedio
	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	
3/8	98.76	97.32	98.48	98.48	99.80	98.57
No 4	93.90	94.12	95.24	93.96	95.70	94.58
No 8	88.14	89.02	88.30	89.14	89.90	88.90
No 16	79.36	80.18	77.40	81.08	81.36	79.88
No 30	59.88	60.40	55.98	61.40	61.34	59.80
No 50	25.98	26.12	22.16	26.38	25.46	25.22
No 100	7.28	7.82	5.74	7.56	7.34	7.15
No 200	2.28	2.82	1.94	2.50	2.64	2.44
MF	2.45					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5. Curva granulométrica - Agregado fino del banco "San Caralampio"



Fuente: Elaboración Propia

Para el banco San Caralampio, el porcentaje retenido por el tamiz 3/8" y No. 4 equivale a 5.42%, correspondiente al porcentaje de sobretamaño o desperdicio para una muestra de 500 gramos. La muestra presenta 5.68% de arena gruesa, 29.10% de arena media, 57.36% de arena fina, y 2.44% de finos.

En los tamices consecutivos No 30 - No 50 y No 50 – No 100, el porcentaje retenido parcial es 54.66% y 52.65%, respectivamente. Por lo tanto sobrepasa el límite (45%) que establece la norma ASTM C 33. El módulo de finura que presentó fue de 2.45; por lo tanto, se encuentra dentro de los límites de aceptación establecidos por la norma.

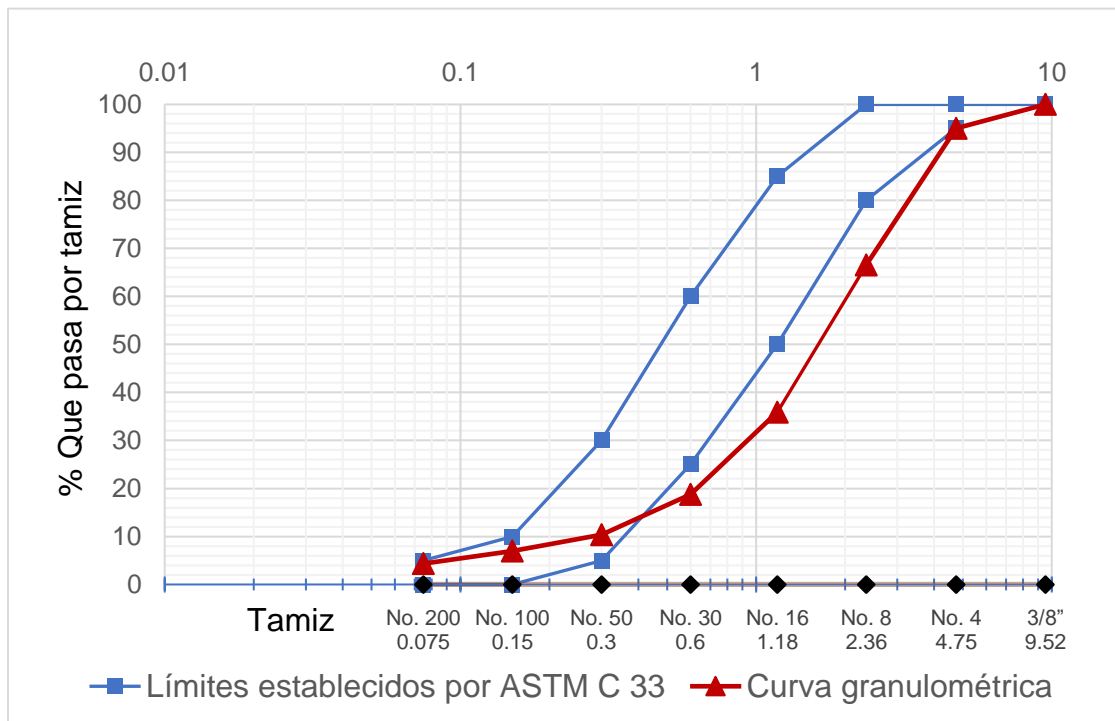
En la curva granulométrica (gráfico 5) se observa que sigue un patrón casi perfecto dentro de los parámetros establecidos por la ASTM, sin embargo, en el tamiz 3/8" el porcentaje retenido debería ser nulo, pero tiene 1.43% de material retenido parcial, y en el tamiz No 4 el porcentaje que pasa (94.58%) es menor al límite inferior (95%) por una cantidad mínima, lo que implica que retiene más de

lo establecido. No obstante, posee buena distribución granulométrica en el resto de tamices.

Tabla 12. Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "Motastepe"						
Tamiz	Porcentaje que pasa %					Promedio
	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	
3/8	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
No 4	94.82	94.58	96.00	94.92	94.86	95.04
No 8	66.88	65.20	67.00	68.34	65.34	66.55
No 16	38.26	33.64	36.10	36.98	34.42	35.88
No 30	20.38	17.74	20.18	18.12	17.28	18.74
No 50	12.10	9.66	11.18	9.86	9.20	10.40
No 100	8.70	6.16	7.66	6.38	5.84	6.95
No 200	5.14	4.00	4.60	4.18	3.82	4.35
MF	3.69					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 6. Curva granulométrica - Agregado fino del banco "Motastepe"



Fuente: Elaboración Propia

Para el banco Motastepe, el porcentaje retenido por el tamiz 3/8" y No. 4 equivale a 4.96%, correspondiente al porcentaje de sobretamaño o desperdicio para una muestra de 500 gramos. La muestra presenta 28.48% de arena gruesa, 47.81% de arena media, 14.39% de arena fina, y 4.35% de finos.

En los tamices consecutivos No 8 - No 16 y No 16 - No 30, el porcentaje retenido parcial es 59.16% y 47.81%, respectivamente. Por lo tanto, sobrepasa el límite (45%) que establece la norma ASTM C 33 para dos tamices consecutivos. El módulo de finura que presentó fue de 3.69; por lo tanto, excede el límite superior (3.1). Esto significa que, de acuerdo a su tamaño, se tiene una arena gruesa.

En la curva granulométrica se observa que el porcentaje que pasa por los tamices No 8, No 16, y No 30, son menores a los establecidos en los límites, esto significa que retiene más material de lo permitido; en estos tamices se tiene una distribución discontinua de partículas e indica que posee más arena gruesa de lo que debería. En el tamiz 3/8" el porcentaje de desperdicio es nulo y en el No 4 el porcentaje que pasa (95.04%) se encuentra dentro del rango aceptable.

Es importante destacar que la exigencia granulométrica nicaragüense de agregado fino, en su normativa NIC 2019, utiliza la normativa AASHTO T 11 y T 27, cuyos límites de porcentaje que pasa en los tamices No 50 y No 100 difieren de la normativa ASTM C 33. En la tabla 13 se observa este cambio.

Además, para la elaboración de bloques de mortero, en la norma técnica obligatoria nicaragüense denominada: **NTON 12 008 – 16 Materiales de construcción. Bloque hueco y sólido a base de cemento y agregados pétreos. Requisitos y evaluación de la conformidad**, en su capítulo 6, señala que se permite la utilización de agregados finos que no cumplen con la ASTM C 33, siempre y cuando estos garanticen el cumplimiento de las especificaciones del bloque, definidas en dicha norma. Cuyos parámetros están definidos principalmente por la resistencia a la compresión.

Tabla 13. Granulometría para agregado fino		
Malla No.	% pasando mallas estándar (AASHTO T 11 Y T 27) (NIC 2019)	% pasando mallas estándar (ASTM C 33)
3/8"	100	100
No. 4	95 – 100	95 – 100
No. 8	80 – 100	80 – 100
No. 16	50 – 85	50 – 85
No. 30	25 – 60	25 – 60
No. 50	10 – 30	5 – 30
No. 100	2 – 10	0 – 10
No. 200	0 – 5	0 – 5

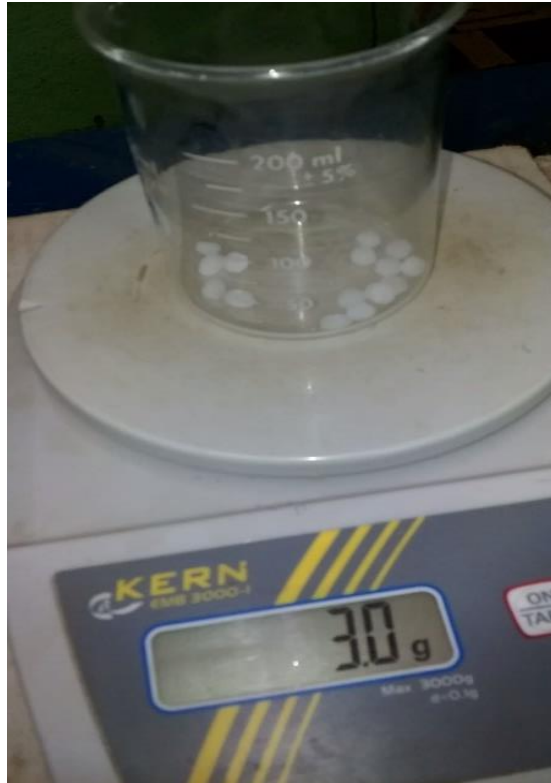
Fuente: (MTI, 2019)

e. Contenido de impurezas orgánicas.

El contenido de impurezas para el agregado se determinó según la norma ASTM C-40, esta nos indica cinco estados de contaminación que pueden poseer los agregados que serán utilizados en mezclas de concreto, considerando los tres primeros como tolerables, el cuarto con posibles impurezas orgánicas perjudiciales y el quinto como estado de impureza máximo.

Para el agregado de cada banco se realizaron tres pruebas, las cuales dos de ellas se ensayaron con el estado natural del material y la última con un proceso de lavado para eliminar limos, arcillas y posibles impurezas. En las imágenes 25, 26, 27, y 28 se observan los resultados obtenidos al comparar el color final del material con los colores de placa orgánica Gardner.

Imagen 24. Solución de Hidróxido de sodio al 3% (Reactivo descrito en la norma ASTM C – 40)



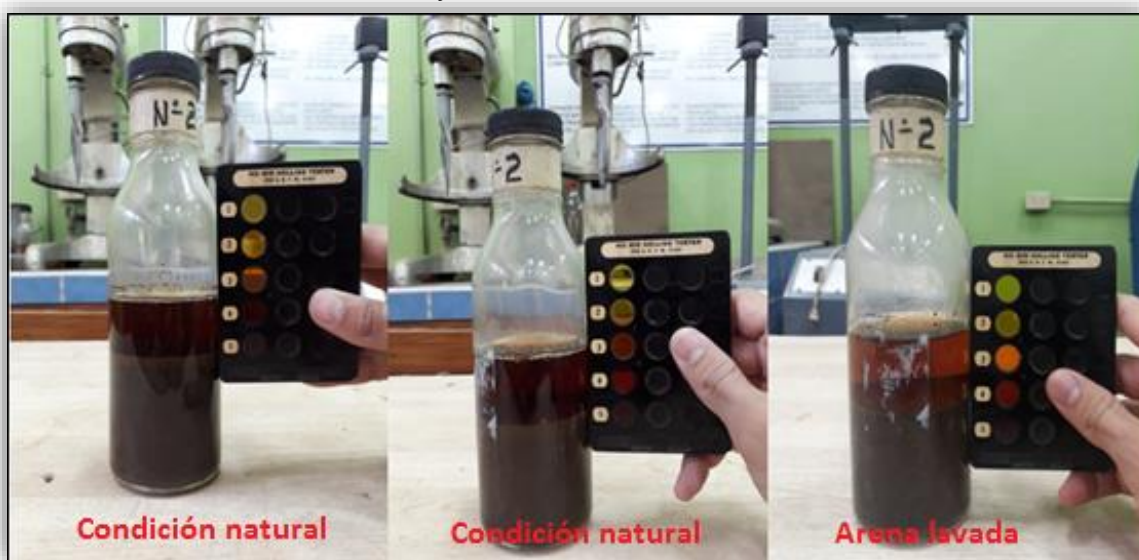
Fuente: Elaboración Propia

El color de la prueba del contenido impurezas en el agregado fino está relacionado con la resistencia del mortero y concreto, a los 7 y 28 días de edad. En la tabla 14 se observa la reducción de resistencia y se especifica si el material puede ser utilizado en base a los resultados de la prueba de impurezas:

Tabla 14. Color de la arena y disminución de resistencia en mezclas de mortero y concreto.			
No. de placa orgánica Gardner	Color	Utilización	Disminución de la resistencia del mortero y del concreto de 7 a 28 días de edad
1	Incoloro o amarillo claro	Concreto de buena calidad	0
2	Azafranado	Utilizable	10 a 15%
3	Rojo amarillento	Concreto sometido a tensiones reducidas	15 a 25%
4	Castaño o marrón	No utilizable	25 a 50%
5	Marrón oscuro	No utilizable	50 a 100%

Fuente: (Matus Lazo & Blanco Rodríguez)

Imagen 25. Comparación entre la solución con arena y la placa orgánica de colores Gardner – Banco Arroyo



Fuente: Elaboración Propia

En la imagen 25 se logra apreciar que la arena del banco Arroyo, de acuerdo a la placa orgánica Gardner, en condición natural, presenta el valor de 4. En el tercer ensayo (arena lavada) no cambia su valor, presenta también el valor de 4. Esto significa que la arena presenta impurezas orgánicas, y de acuerdo a la tabla 14 no es utilizable como agregado en mezclas de concreto y mortero, debido a que afectaría demasiado la resistencia final del material.

Imagen 26. Comparación entre la solución con arena y la placa orgánica de colores Gardner – Banco Matadero



Fuente: Elaboración Propia

En el caso del agregado fino del banco Matadero (Imagen 26), en condición natural presentó el valor de 3, el valor estándar y aceptable de la placa orgánica Gardner. Cuando se realizó el ensayo con la arena lavada, el valor disminuyó a 2, una condición aún más tolerable. Lo que indica que el material no posee una alta cantidad de impurezas que afecten las mezclas de concreto. De acuerdo a la tabla 14, esta puede ser utilizada como agregado en mezclas de concreto y mortero.

Imagen 27. Comparación entre la solución con arena y la placa orgánica de colores Gardner – Banco San Caralampio



Fuente: Elaboración Propia

El agregado fino del banco San Caralampio (Imagen 27), de acuerdo a la placa orgánica Gardner, en condición natural presentó el valor de 3. En la condición lavada el valor disminuye a 2, lo que significa que de acuerdo a la tabla 14 el material presenta impurezas orgánicas que se encuentran dentro del rango tolerable para ser utilizado en mezclas de concreto.

La arena del banco Motastepe (Imagen 28) presentó los valores de placa orgánica Gardner más bajos, con un valor de 1 en todas sus condiciones (natural y lavada). Esto indica que el material se encuentra en un nivel de impurezas bastante aceptable, es decir, de acuerdo a la tabla 14 la cantidad de impurezas que posee indica que no afectará las condiciones de resistencia en las mezclas de concreto y mortero.

Imagen 28. Comparación entre la solución con arena y la placa orgánica de colores Gardner – Banco Motastepe



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 15 se detalla el resumen de valores obtenidos en la prueba de impurezas en cada uno de los bancos de Nandaime y banco patrón. Así como el nivel de utilización basados en la tabla 14.

Tabla 15. Nivel de impureza orgánica en los agregados finos			
Banco	Valor de placa orgánica Gardner en condición natural	Valor de placa orgánica Gardner en condición lavada	Utilización
Arroyo	4	4	No utilizable
Matadero	3	2	Utilizable
San Caralampio	3	2	Utilizable
Motastepe	1	1	Utilizable

Fuente: Elaboración Propia

**CAPÍTULO IV:
ANÁLISIS COMPARATIVO**

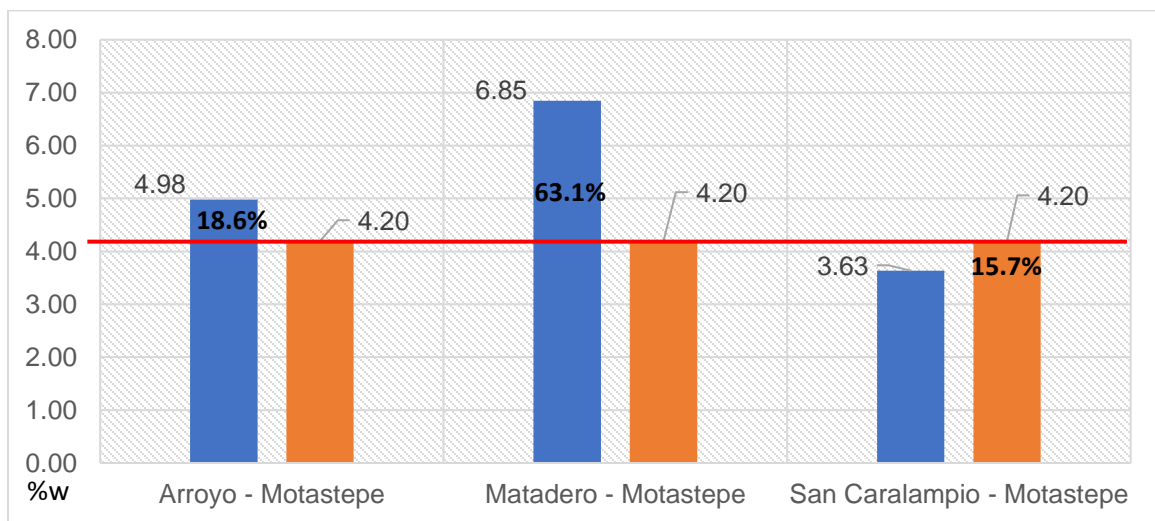
4.1. Contenido de humedad

En el capítulo anterior se realizó el análisis individual de las propiedades, en este se abordará la comparación entre los resultados obtenidos de los bancos de Nandaime y banco patrón, los valores de los bancos seleccionados se compararon con el valor obtenido del banco patrón, tomando este como un 100% para tener una mejor perspectiva de los resultados.

Los valores del contenido de humedad de los materiales bancos de Nandaime no difieren en gran magnitud. Tomando como valor patrón la humedad del banco de Motastepe (4.20%), la arena del banco Arroyo presentó un valor de humedad de 4.98%, este lo excede en una cantidad de 0.78. La arena del banco Matadero arrojó un valor de humedad de 6.85%, es decir, presentó aproximadamente dos veces la humedad que presentó el banco de Motastepe. El resultado del contenido de humedad del banco San Caralampio fue el más aproximado, con un valor de 3.63%.

En el gráfico 7 se muestran los resultados y la comparación entre la humedad de cada uno de los materiales. Aunque difieren en porcentajes pequeños, cabe destacar que estos se encuentran en el rango de humedades máximas, de 3% a 8%.

Gráfico 7. Contenido de humedad - Bancos de Nandaime vs Banco Patrón



Fuente: Elaboración Propia

El contenido de humedad que se determinó constituye una propiedad física que indica la cantidad de agua presente en las arenas al momento del ensaye. Esta propiedad es de suma importancia para conocer la cantidad de agua que se le debe adicionar al concreto, que dependerá mucho de las condiciones de humedad de los agregados (grava y arena).

En este caso los porcentajes de humedad altos (arena del banco Matadero y Arroyo) significa que la arena, en su estado natural, alberga más agua en sus poros, aunque esta condición puede ser relativa, dependerá de dónde se extrajo la muestra, la cantidad de humedad perdida en su traslado y las condiciones climáticas del sitio. Sin embargo, para un valor alto de humedad, al momento de realizar una dosificación de concreto y determinar la cantidad de agua, se tiene el beneficio de poder corregir esta cantidad restando el peso de agua que posee el material. Por esta razón el contenido de humedad es de relevancia al momento de realizar grandes cantidades de concreto. De lo contrario se perderían algunas propiedades del concreto como lo es su trabajabilidad y resistencia.

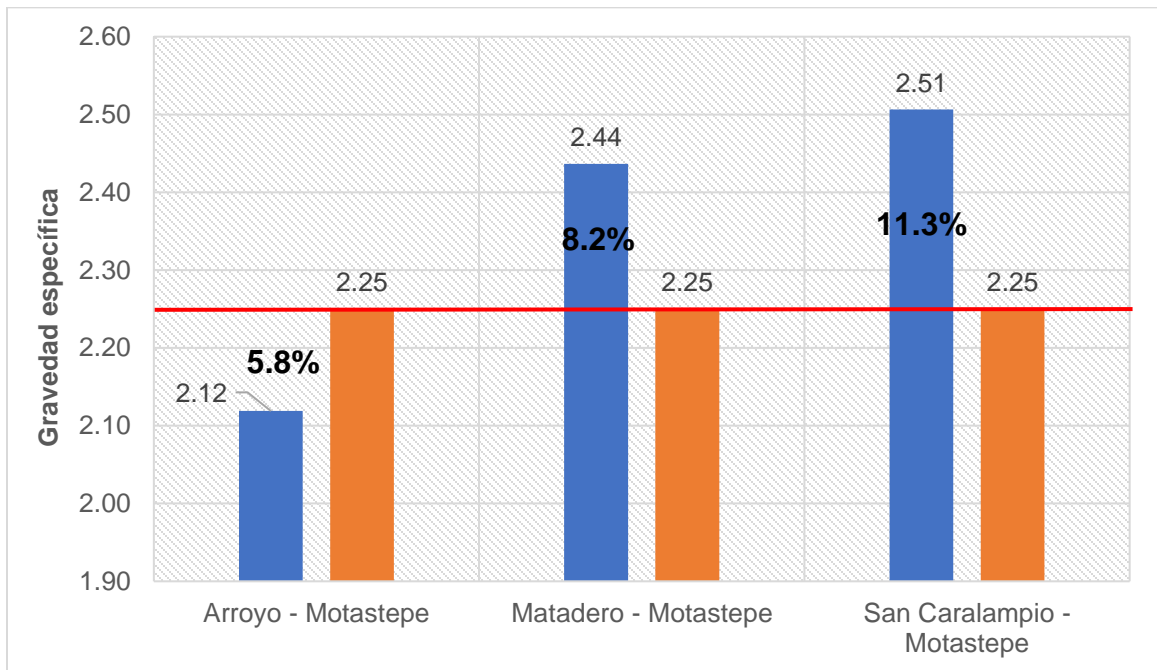
4.2. Gravedad específica y porcentaje de absorción

La densidad relativa o gravedad específica es generalmente la característica más usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en mezclas como las del concreto hidráulico, asfáltico y otras que se analizan sobre la base de un volumen absoluto. En base a una proporción de concreto específica, las densidades relativas (cemento, arena, grava) se utilizan para determinar la cantidad bruta de volumen de concreto, así como la cantidad individual de cada uno de los materiales. A mayor relación de densidad relativa, se tienen menores valores de volumen.

En el gráfico 8 se muestra los resultados y la comparación entre los valores de gravedad específica. Estos valores fueron los más aproximados al valor del material del banco patrón. Teniendo diferencias en porcentajes bajos, la arena del banco arroyo tiene un valor inferior en un porcentaje de 5.8%, el banco Matadero tiene un exceso de 8.2% y el banco San Caralampio tiene un exceso de 11.3% con respecto al banco. El banco de san Caralampio presentó el mayor valor de

gravedad específica. Generalmente los valores de gravedad específica varían de 2.4 a 2.9, En este caso el material del banco Matadero y San Caralampio se encuentran en dicho rango, y los valores del material del banco Arroyo y Motastepe presentaron valores por debajo del límite inferior. Esto no significa que no puedan ser utilizados en mezclas de concreto, como se especifica en el capítulo III, a menor gravedad específica, mayor porcentaje de absorción, esto indica que este material tiene mayor porcentaje de poros y se recomienda que sea usado en mezclas de concreto donde no se requiera alta resistencia.

Gráfico 8. Gravedad específica - Bancos de Nandaime vs banco Patrón

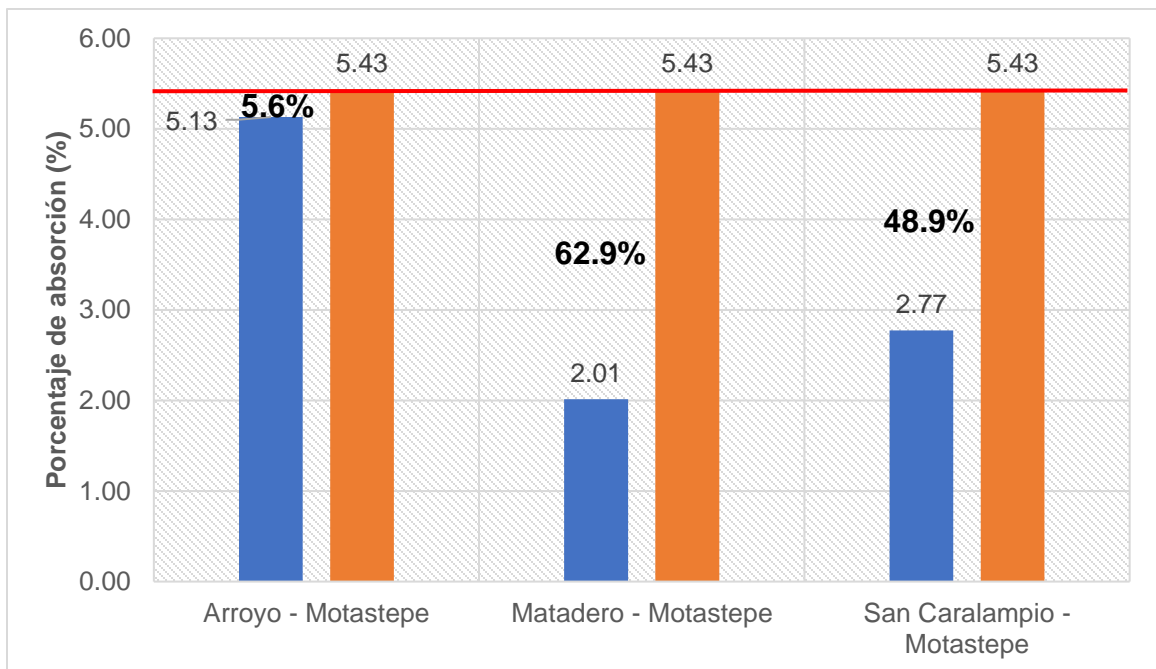


Fuente: Elaboración Propia

Los valores de absorción se utilizan para determinar el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de poro en el interior sus partículas, comparado con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con agua por un período suficiente para poder satisfacer la absorción potencial

En el gráfico 9 se muestra la comparación de los valores de absorción obtenidos. La arena del banco de Motastepe presenta el mayor valor de absorción, era de esperarse debido a que presentó el valor más bajo de gravedad específica, seguido del material del banco Arroyo. El material del banco matadero y San Caralampio presentaron los valores más bajos. Los valores de porcentaje de absorción para el agregado fino, generalmente varía de 0.2% a 2%. Ningún material se encuentra dentro de este rango; sin embargo, no significa que no puedan ser usados como agregado en mezclas de concreto, ya que esto solamente indica la porosidad del material. Como se estableció en el capítulo anterior, esto podría afectar la relación agua/cemento, y la trabajabilidad de la mezcla, por ello se debe tomar en cuenta este dato.

Gráfico 9. Porcentaje de absorción - Bancos de Nandaime vs banco Patrón



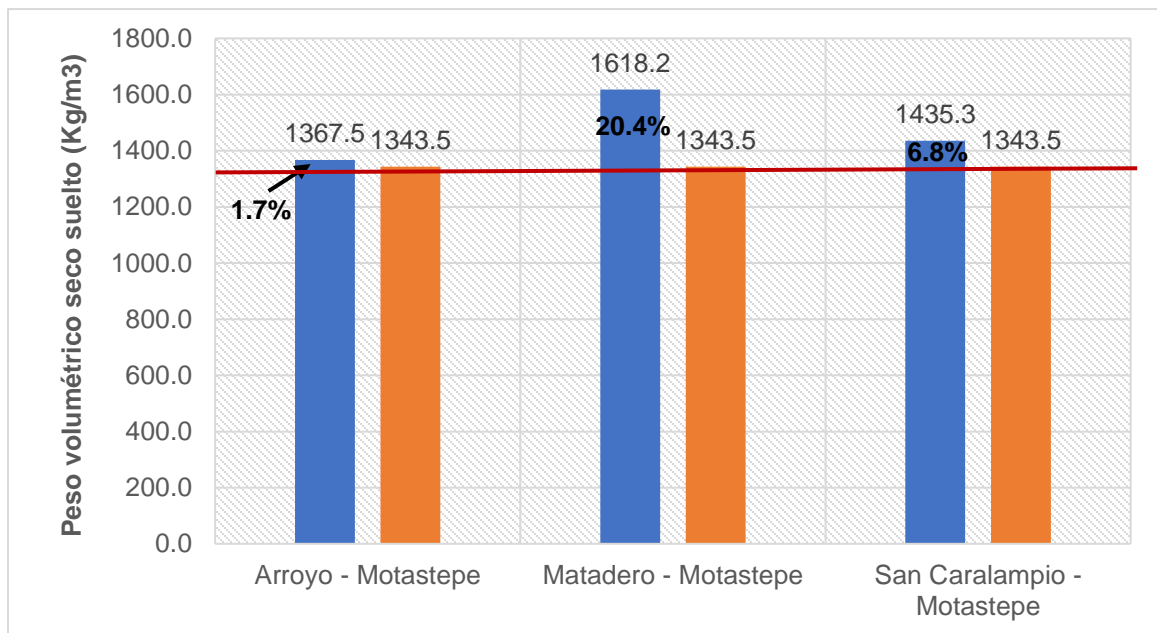
Fuente: Elaboración Propia

4.3. Pesos unitarios y porcentaje de vacíos

Cuando se habla de peso unitario o peso volumétrico se trata de la cantidad de arena que se necesita para llenar un determinado volumen, ya sea en estado natural (suelto) o compacto, incluyendo los vacíos que existen entre cada una de las partículas.

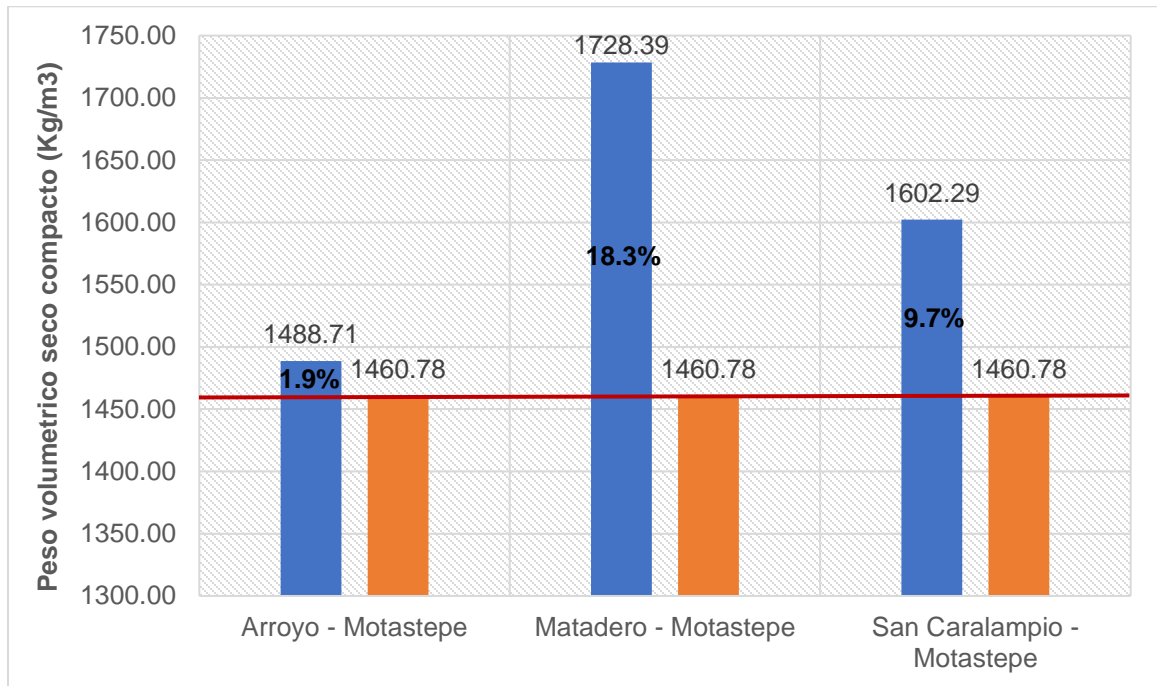
En el gráfico 10 se puede observar que el material más pesado, en su estado seco suelto, es la arena del banco Matadero, este supera en un porcentaje de 20.4% al material del banco Motastepe (Tomando el banco patrón como un 100%). También se aprecia que el banco Arroyo y San Caralampio poseen mayores valores de peso volumétrico con relación al banco patrón, pero en porcentajes no significativos: 1.7% y 6.8%. Cabe destacar que estos cuatro materiales se encuentran en el rango normal de peso unitario seco suelto de agregado fino utilizado en concreto estándar 1,200 Kg/m³ a 1,750 Kg/m³.

Gráfico 10. Peso volumétrico seco suelto - Bancos de Nandaime vs banco Patrón



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 11. Peso volumétrico seco compacto - Bancos de Nandaime vs banco Patrón



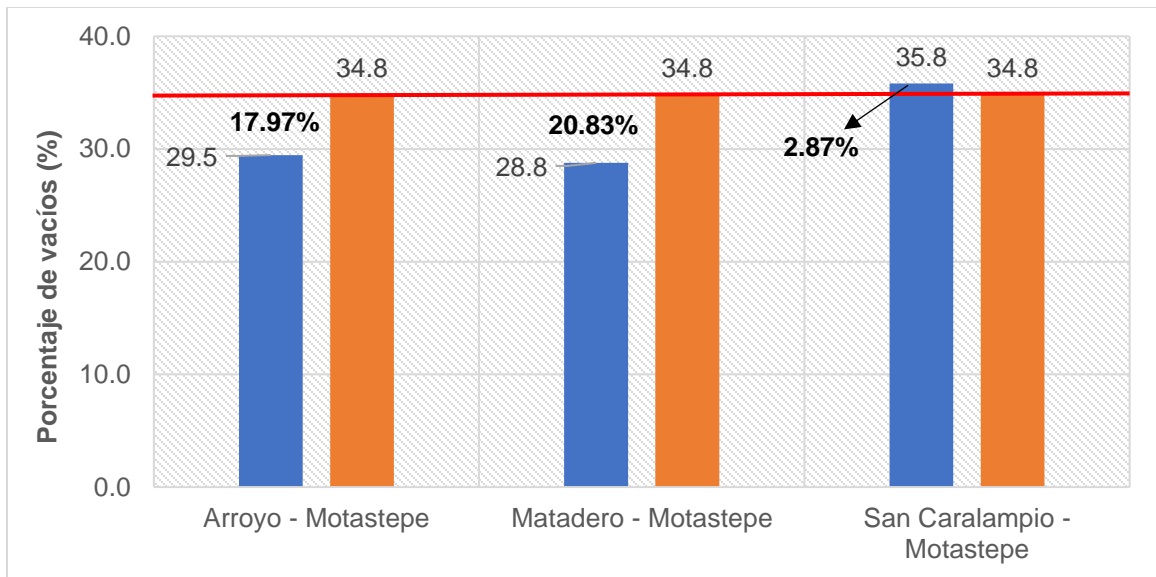
Fuente: Elaboración Propia

Como era de esperarse, en los pesos secos compactos (gráfico 11) se observa el mismo patrón anterior, el material del banco Matadero presenta el mayor valor, sobrepasando al material del banco patrón en un 18.3% (tomando el valor del banco patrón como el 100%). Y los demás materiales se aproximan; lo exceden en porcentajes bajos: 1.9% y 9.7%. Sin embargo, esto no significa que la arena patrón sea débil, ya que influye mucho el acomodamiento y la forma de las partículas.

En el gráfico 12 se observa con severidad que la arena del banco Matadero presenta el porcentaje de vacíos más bajo, esto se verifica también en los pesos volumétricos, convirtiéndola en la más pesada y esto la señala como un material de buen comportamiento, al igual que la arena del banco Arroyo y San Caralampio. La arena del banco San Caralampio presentó el valor más alto de vacíos, incluso es mayor que la arena patrón en un porcentaje de 2.87%; Sin embargo, es más pesada que la arena patrón, esto podría deberse a efectos de

angularidad (valores altos de angularidad aumentan el porcentaje de vacíos) o granulometría (tamaños de agregado bien graduado disminuyen el porcentaje de vacíos). Generalmente, los valores de porcentaje de vacío para agregado fino varían de 40% a 50%, en este caso los valores están por debajo del límite inferior. Sin embargo, se conoce que para elaborar un concreto económico y satisfactorio se necesitan porcentajes de vacíos bajos, pero no tan bajos.

Gráfico 12. Porcentaje de vacíos - Bancos de Nandaime vs banco Patrón



Fuente: Elaboración Propia

4.4. Granulometría

La granulometría del agregado fino es el análisis de la distribución de sus partículas. Lo que se determina es el tamaño de acuerdo a un proceso de tamizado. Se establece como agregado bien graduado aquel que posee tamaños establecidas entre los límites que detalla el método de ensayo ASTM C-33. Es muy importante destacar que en la normativa nacional NIC 2019, modifica dichos límites, aumentando los porcentajes de material que pasan por los tamices No 50 y No 100, esto se puede apreciar en la tabla 13. Además, en la normativa obligatoria nicaragüense para la elaboración de mezclas de mortero toma como referencia la granulometría del material del banco Motastepe.

Una arena bien graduada utilizada como agregado en mezclas de concreto es de beneficio para sus características, tanto resistencia como trabajabilidad. Con los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz se pudo determinar el módulo de finura, este nos da una idea más clara del grosor o finura del agregado.

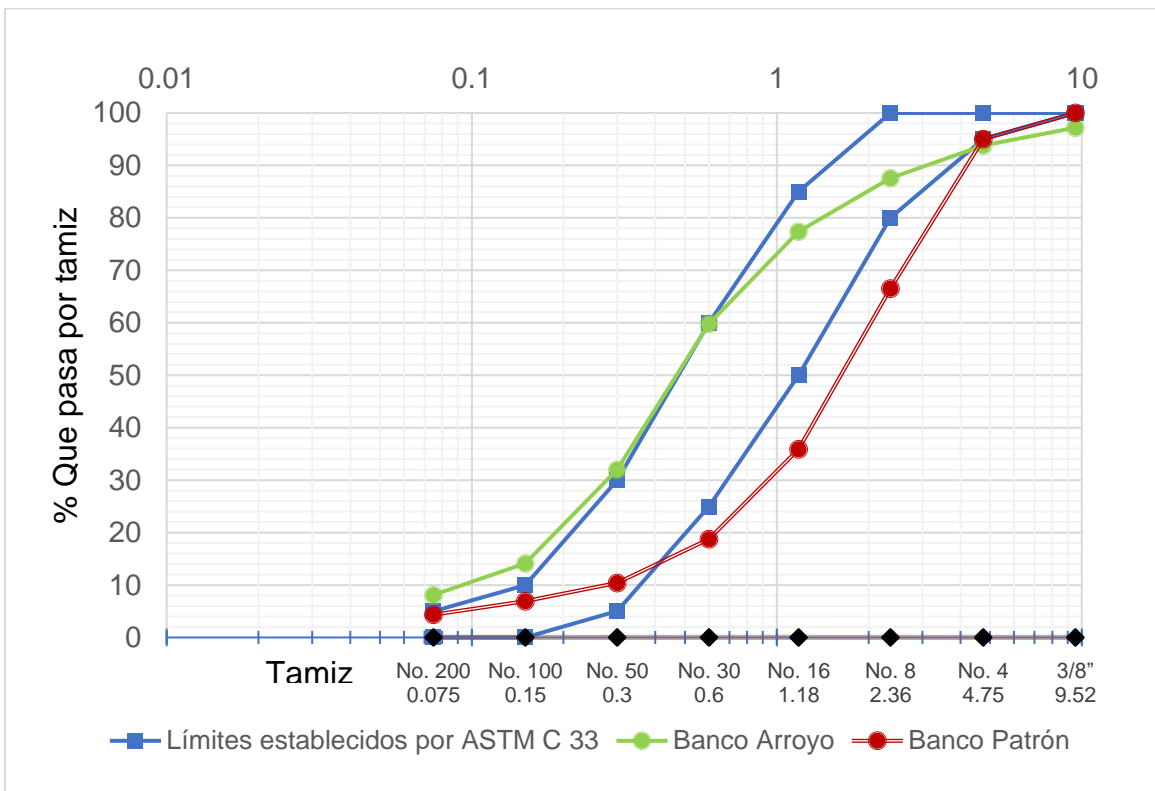
En la tabla 16 se aprecian los resultados granulométricos del material del banco Arroyo, este retiene más material de lo establecido en los tamices 3/8" y No 4, y en los tamices No 50, No100 y No 200 el material excede el porcentaje que pasa, es decir, retiene menos de lo establecido. Sin embargo, el módulo de fineza o finura (MF) se encuentra dentro del rango establecido para agregados finos que serán utilizados en mezclas de concreto (Módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1)

El gráfico 13 muestra la comparación de las curvas granulométricas del material del banco Patrón y banco Arroyo. Existe una gran diferencia, la curva del material del banco Arroyo se encuentra por encima de los límites en los tamices No 50, No 100 y No 200, lo que indica que el material es más fino. Al contrario de la curva del material del banco Patrón, que se encuentra por debajo de los límites en los tamices No 30, No 16 y No 8, esto indica que el material es más grueso.

Tabla 16. Porcentaje promedio de peso que pasa - Banco Arroyo			
Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje de peso que pasa	Límites de porcentajes que pasan (ASTM C 33)
3/8"	9.52	97.2	100 - 100
No. 4	4.75	93.8	95 - 100
No. 8	2.36	87.6	80 - 100
No. 16	1.18	77.4	50 - 85
No. 30	0.6	59.8	25 - 60
No. 50	0.3	32.0	5 - 30
No. 100	0.15	14.1	0 - 10
No. 200	0.075	8.1	0 - 5
MF	2.38		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 13. Curva granulométrica - Banco Arroyo vs banco Patrón



Fuente: Elaboración Propia

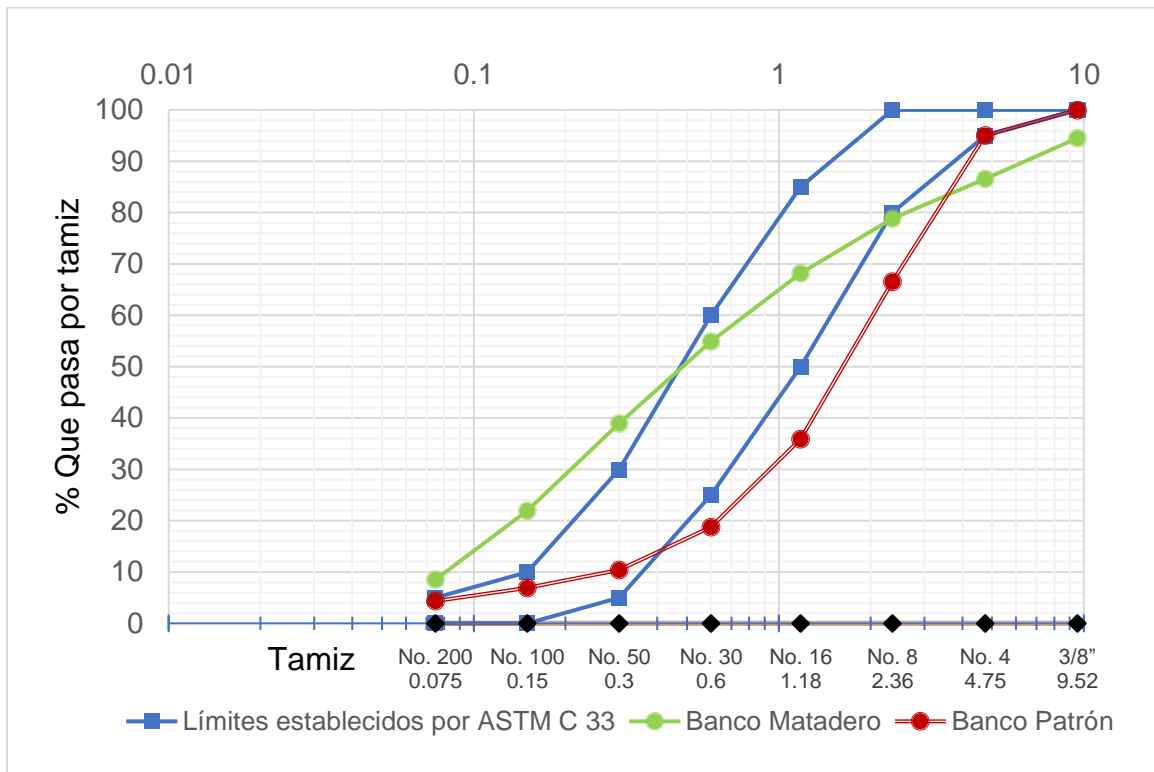
En la tabla 17 se muestran los resultados granulométricos del material del banco Matadero. El módulo de finura se encuentra dentro de los rangos establecidos por la normativa. Sin embargo, los porcentajes retenidos en los tamices 3/8", No 4, y No 8 son superiores a los límites, y en los tamices No 50, No 100 y No 200, los porcentajes que pasan exceden a los establecidos por la norma.

El gráfico 14 muestra la comparación de las curvas granulométricas del material del banco Patrón y banco Matadero. Existe una gran diferencia, la curva del material del banco Matadero se encuentra por encima una parte y por debajo de los límites la otra parte, esta solo cumple en los tamices No 16 y No 30, lo que indica una mala distribución de partículas. La curva del material del banco patrón se encuentra por debajo de los límites, no cumple en los tamices No 30, No 16 y No 8. Esto Indica que el material es más grueso.

Tabla 17. Porcentaje promedio de peso que pasa - Banco Matadero			
Malla	Abertura (mm)	Porcentaje de peso que pasa	Límites de porcentajes que pasan (ASTM C 33)
3/8"	9.52	94.5	100 - 100
No. 4	4.75	86.6	95 - 100
No. 8	2.36	78.8	80 - 100
No. 16	1.18	68.2	50 - 85
No. 30	0.6	54.9	25 - 60
No. 50	0.3	39.0	5 - 30
No. 100	0.15	21.9	0 - 10
No. 200	0.075	8.5	0 - 5
MF	2.55		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 14. Curva granulométrica - Banco Matadero vs banco Patrón



Fuente: Elaboración Propia

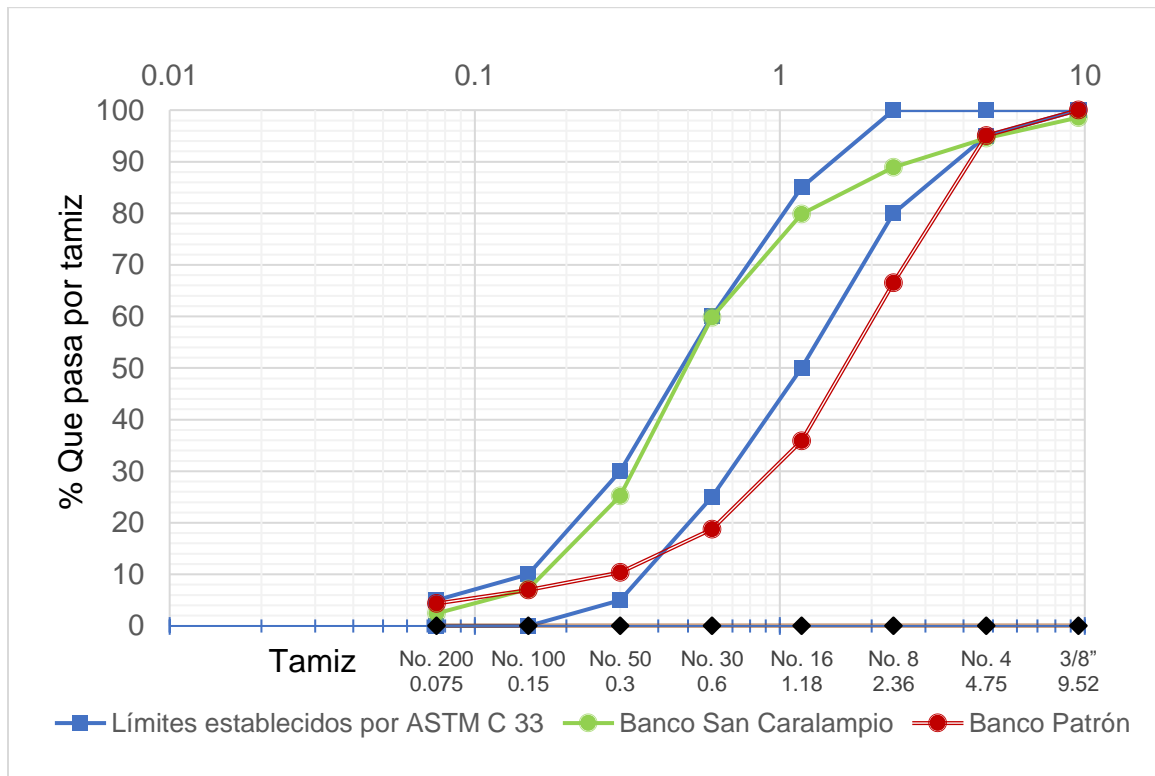
En la tabla 18 se muestran los resultados granulométricos del material del banco San Caralampio. Este es el más aproximado al rango límite, solamente no cumple en el tamiz 3/8", el cual retiene apenas una pequeña cantidad de 1.4%, y su módulo de finura se encuentra en el rango establecido. Esto indica un buen comportamiento del material en mezclas de mortero y concreto.

El gráfico 15 muestra la comparación de las curvas granulométricas del material del banco Patrón y banco San Caralampio. La curva del material del banco San Caralampio se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma en todos los tamices, excepto en el tamiz 3/8" y No 4, donde retiene más material de lo establecido en porcentajes pequeños o no relevantes. De lo contrario, la curva del material del banco patrón se encuentra por debajo de los límites, no cumple en los tamices No 30, No 16 y No 8. Esto Indica que el material es más grueso.

Tabla 18. Porcentaje promedio de peso que pasa - Banco San Caralampio			
Malla	Abertura (mm)	Porcentaje de peso que pasa	Límites de porcentajes que pasan (ASTM C 33)
3/8"	9.52	98.6	100 - 100
No. 4	4.75	94.6	95 - 100
No. 8	2.36	88.9	80 - 100
No. 16	1.18	79.9	50 - 85
No. 30	0.6	59.8	25 - 60
No. 50	0.3	25.2	5 - 30
No. 100	0.15	7.1	0 - 10
No. 200	0.075	2.4	0 - 5
MF	2.45		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 15. Curva granulométrica - Banco San Caralampio vs banco Patrón



Fuente: Elaboración Propia

La arena del banco patrón presentó exceso de material retenido en los tamices No.8, No. 16, y No. 30. Esto implica que la arena es más gruesa en estos tamices. El módulo de finura que se obtuvo es de 3.69, lo cual supera el límite superior de los parámetros que establece la norma (2.3 - 3.1).

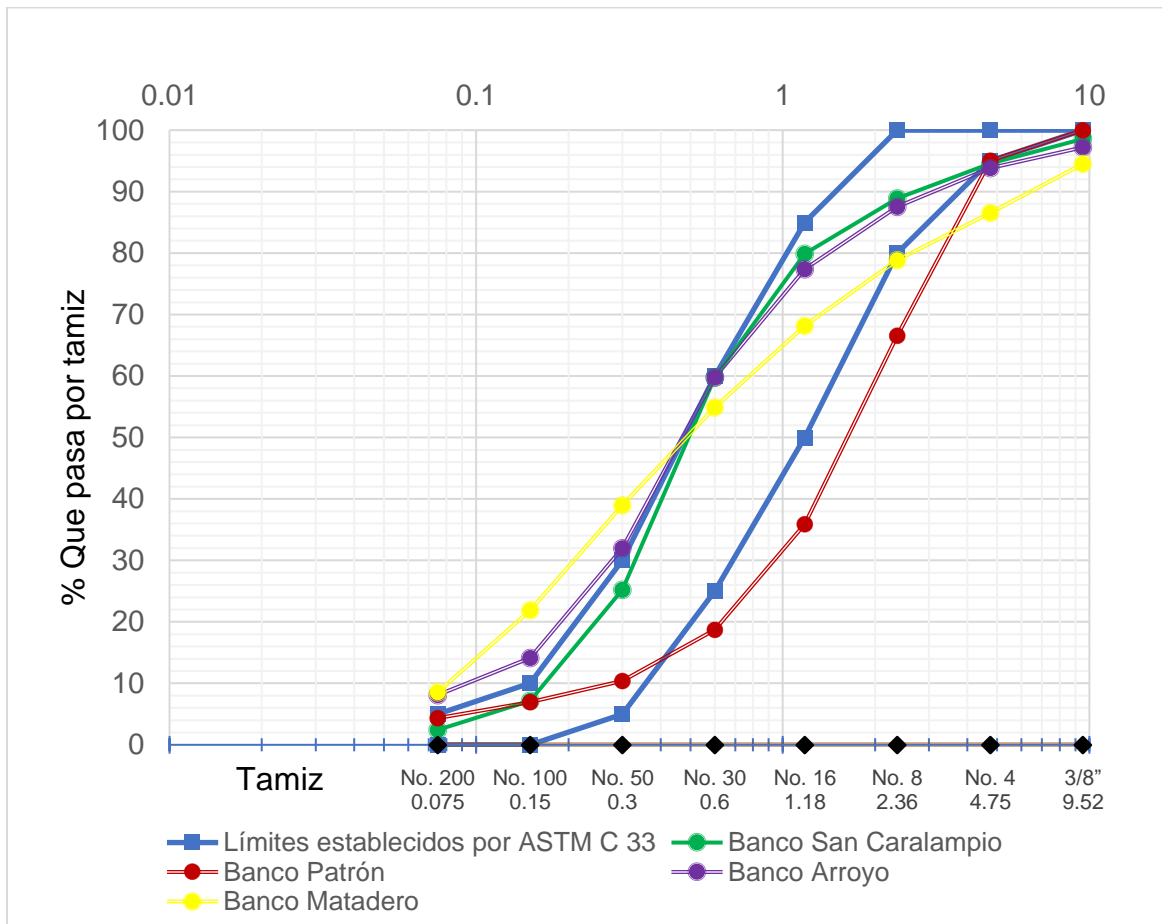
En la tabla 19 se observan los resultados granulométricos del material del banco patrón. Y el en gráfico 16 se observa la comparación de las curvas granulométricas de las arenas ubicadas en Nandaime y el material del banco Patrón.

Tabla 19. Porcentaje promedio de peso que pasa - Banco Motastepe			
Malla	Abertura (mm)	Porcentaje de peso que pasa	Límites de porcentajes que pasan (ASTM C 33)
3/8"	9.52	100.0	100 - 100
No. 4	4.75	95.0	95 - 100
No. 8	2.36	66.6	80 - 100
No. 16	1.18	35.9	50 - 85
No. 30	0.6	18.7	25 - 60
No. 50	0.3	10.4	5 - 30
No. 100	0.15	6.9	0 - 10
No. 200	0.075	4.3	0 - 5
MF	3.69		

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar con certeza que la curva granulométrica de la arena del banco San Caralampio es la que se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa, esta solamente no cumple en los tamices No 4 y 3/8", pero en porcentajes bastante bajos que bien podrían despreciarse. Por lo tanto, de acuerdo a esta propiedad se confirma que tendrá una buena distribución de partículas al momento de ser utilizada en mezclas de concreto.

Gráfico 16. Curva granulométrica de las arenas de Nandaime y Motastepe



Fuente: Elaboración Propia

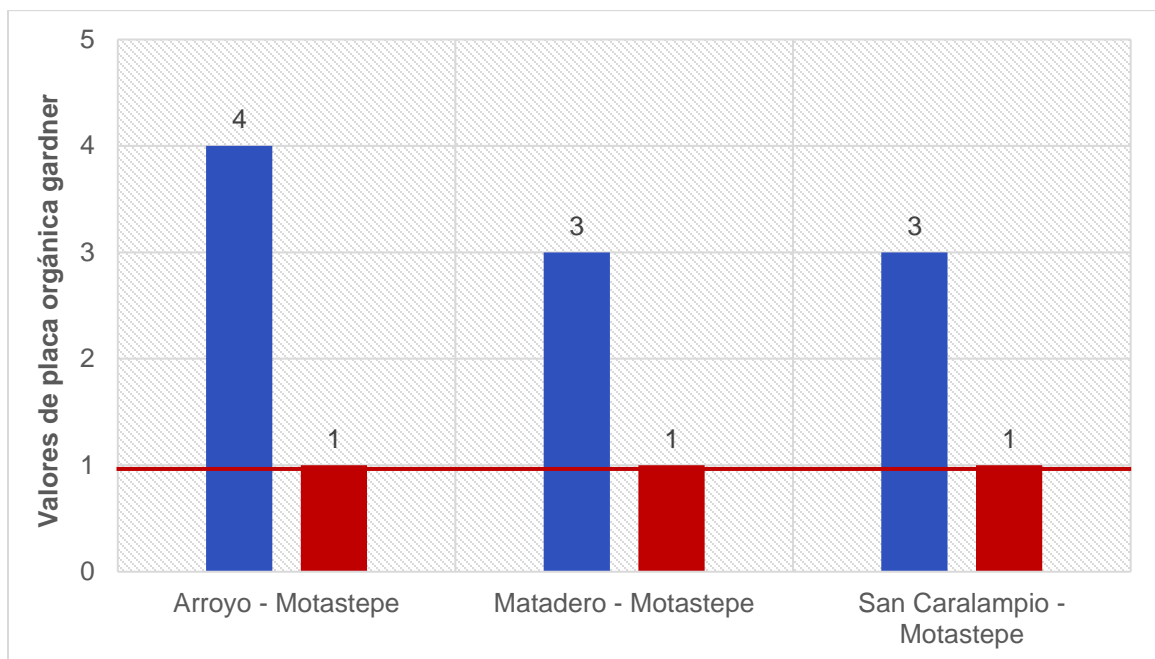
4.5. Sanidad

De acuerdo a la placa orgánica de colores Gardner, los valores obtenidos al compararlos (después de 24 horas) con la arena en estado natural (sucia) y lavada, para el material de los bancos de Nandaime y el banco patrón, se muestran en el gráfico 17 y 18.

En el gráfico 17 se observa que la arena de los bancos Arroyo, Matadero, y San Caralampio, en su estado natural, presentan valores de placa orgánica Gardner mayores con respecto al material del banco patrón. La arena del banco patrón presentó un valor de placa orgánica Gardner número 1, en cambio el material del banco Matadero y San Caralampio presentó valores de 3.

Los valores de placa orgánica Gardner por encima del número tres (valor estándar) indica que el agregado contiene impurezas orgánicas posiblemente perjudiciales, esto es el caso de la arena del banco arroyo, que presentó un valor de 4, es una advertencia para realizar ensayos adicionales antes de aprobar que el material posee impurezas perjudiciales para mezclas de concreto. De acuerdo a la tabla 14 el material del banco patrón, Matadero y San Caralampio, puede ser utilizado como agregado fino en mezclas de concreto. En cambio, el material del banco Arroyo no es utilizable.

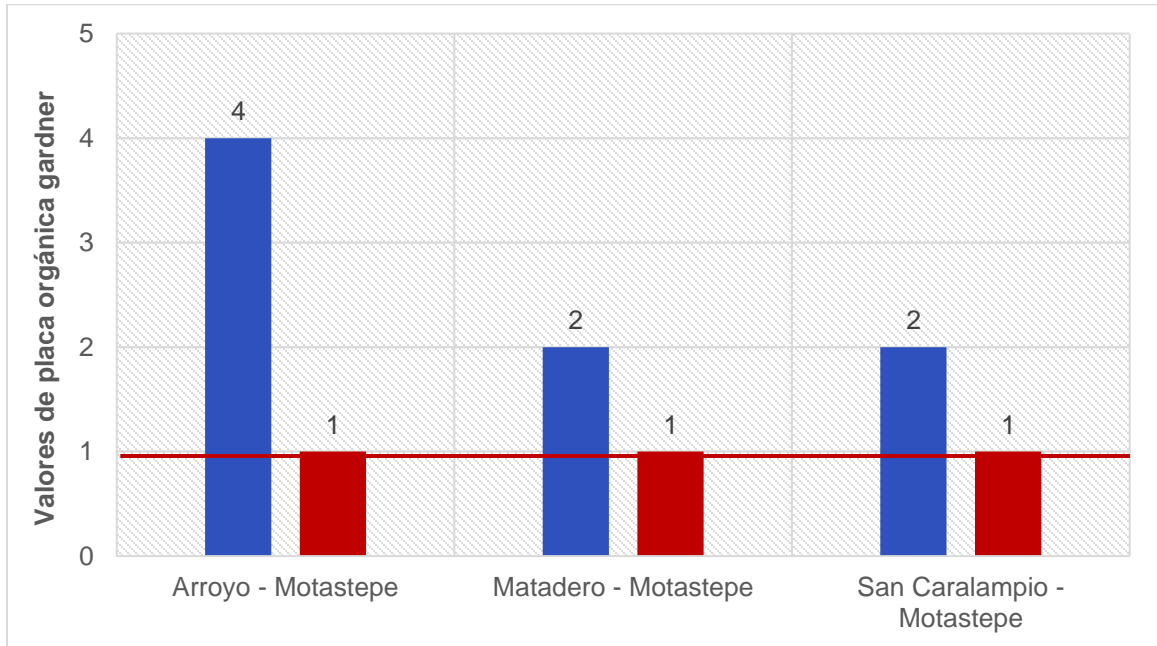
Gráfico 17. Impurezas orgánicas - Bancos de Nandaime vs banco Patrón (Arena en estado natural)



Fuente: Elaboración Propia

Para obtener mejores resultados también se realizaron ensayos con arena lavada, los cuales se muestran en el gráfico 18.

Gráfico 18. Impurezas orgánicas - Bancos de Nandaime vs banco Patrón (Arena lavada)



Fuente: Elaboración Propia

La arena de los bancos Matadero y San Caralampio presentaron mejores resultados con el proceso de limpieza, se aproximaron más al valor de la arena patrón (1), y de acuerdo a esta característica el material de estos bancos puede ser utilizado para mezclas de concreto y mortero, ya que no presentarán una alta disminución de resistencia. Sin embargo, la arena del banco arroyo no cambió su valor (4), por lo que deja en claro que posee impurezas orgánicas posiblemente perjudiciales, de acuerdo a la tabla 14 ni aún con el proceso de limpieza puede ser utilizada.

4.6. Resumen de Resultados

En la tabla 20 se muestran el resumen de resultados obtenidos en cada uno de los laboratorios realizados, se presentan también las características de los bancos, incluyendo el banco patrón.

Tabla 20. Resumen de resultados obtenidos					
Propiedad	Banco				Rango estándar
	Arroyo	Matadero	San Caralampio	Banco patrón	
Contenido de humedad (%)	4.98	6.85	3.63	4.20	3% - 8%
Peso volumétrico seco suelto (Kg/m ³)	1,367.5	1,618.2	1,435.3	1,343.5	1,200 kg/m ³ - 1,750 kg/m ³
Peso volumétrico seco compacto (Kg/m ³)	1,488.7	1,728.4	1,602.3	1,460.8	
Porcentaje de vacíos (%)	29.5	28.8	35.8	34.8	40% - 50%
Gravedad específica	2.1	2.4	2.5	2.2	2.4 - 2.9
Porcentaje de absorción (%)	5.1	2.01	2.77	5.43	0.2% - 2%
Valor de placa orgánica (arena sucia)	4.0	3.0	3.0	1.0	1 - 3
Valor de placa orgánica (arena lavada)	4.0	2.0	2.0	1.0	
Módulo de finura	2.4	2.6	2.4	3.7	2.3 - 3.1
Características de los bancos					
Coordenadas (Latitud, longitud)	11°46'54.54"N 86°02'33.26"O	11°46'18.43"N 86°02'21.4"O	11°48'29.71"N 86°02'34.95"O	12°7'56.80"N 6°19'26.24"O	
Volumen extraíble (m ³)	23,802	55,436	42,056	Desconocido	
Dueño actual	Alcaldía de Nandaime	Alcaldía de Nandaime	Alcaldía de Nandaime	Arenas Nacionales, SA	
Tipo de extracción de material	Artesanal	Artesanal	Artesanal	Mecánica	

Fuente: Elaboración Propia

En base al análisis comparativo de los resultados de laboratorio obtenidos entre el agregado fino de cada uno de los bancos seleccionados y el agregado fino del banco patrón, se establece lo siguiente:

Los tres bancos analizados presentan un comportamiento de humedad similar al valor encontrado en la arena patrón. El banco Matadero presentó el mayor valor, lo que resulta beneficioso para el diseño de altos volúmenes de concreto. Sin embargo, todos los materiales se encuentran dentro del rango de humedades máximas. (Ver capítulo IV, gráfico 7. “Contenido de humedad – Bancos de Nandaime vs banco Patrón”, pág. 66).

Con respecto al análisis de gravedad específica, se encontró que el material del banco Matadero y San Caralampio se encuentran dentro del rango normal de gravedades específicas para agregados utilizados en mezclas de concreto. El material del banco Arroyo presenta el valor de gravedad específica más cercano al material del banco patrón; sin embargo, estos últimos se encuentran por debajo de los valores normales, esto no significa que no puedan ser utilizados en mezclas de concreto, pero se recomienda que sean utilizados en concretos donde no se requieran altas resistencias (Ver capítulo IV, gráfico 8. Gravedad específica – Bancos de Nandaime vs banco Patrón, pág. 68).

En el análisis comparativo de pesos unitarios, el material del banco Arroyo presentó el valor más cercano al material del banco patrón, el banco matadero presentó el valor más alto; no obstante, los materiales de los bancos seleccionados y el banco patrón se encuentran dentro del rango normal de peso unitario seco suelto de agregado fino utilizado en concreto estándar. Por otra parte, el material del banco Arroyo y Matadero presentaron los valores más bajos de porcentajes de vacíos. Además, los valores de los tres bancos seleccionados y el banco patrón están por debajo del límite inferior de porcentajes de vacíos normales. Sin embargo, se conoce que para elaborar un concreto económico y satisfactorio se necesitan porcentajes de vacíos bajos, pero no tan bajos (Ver capítulo IV, inciso 4.3. “Pesos unitarios y porcentaje de vacíos”, pág. 70).

En el análisis granulométrico, el material del banco Patrón tiene gran presencia de arena gruesa (Ver anexo 7, tabla A7(d), pág. xix), además, excede el límite superior de módulo de finura que establece la norma ASTM C - 33. La arena del banco de San Caralampio es la más aproximada a los límites que establece la normativa, es decir, presenta una excelente distribución de partículas. Los valores de módulo de finura de los materiales de los tres bancos seleccionados se encuentran dentro del rango que establece la norma, sin embargo, el material del banco Arroyo y Matadero poseen variaciones considerables de porcentajes que pasan en algunos tamices (Ver capítulo IV, inciso 4.4. "Granulometría", pág. 73).

Para el caso de contenido de impurezas orgánicas, el material del banco Matadero y San Caralampio (arena en estado sucio y lavada) presentan valores tolerables, y estos son mayores que el valor obtenido con el material del banco patrón, este último también se encuentra dentro del rango tolerable (Ver capítulo IV, inciso 4.5. "Sanidad", pág. 79). El material del banco Arroyo se encuentra dentro del rango no tolerable, y de acuerdo a la tabla 14 "Color de la arena y disminución de resistencia en mezclas de mortero y concreto" (pág. 61), no puede ser utilizado como agregado en mezclas de concreto debido a que disminuye la resistencia en un 25% a 50%.

CAPITULO V:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base a nuestros objetivos propuestos para el presente estudio, podemos concluir lo siguiente:

- Hemos localizado y seleccionado tres bancos de materiales de agregados finos en el municipio de Nandaime, cuyos nombres son: Matadero, Arroyo, y San Caralampio (Ver capítulo III, inciso 3.1. “Selección y características de los bancos de agregados finos”, pág. 21). Estos se encuentran ubicados en zonas que cumplen con los requisitos establecidos por la ley de explotación de bancos de materiales de Nicaragua (Ver capítulo III, inciso 3.1.2. “Análisis de selección de acuerdo a la ley de explotación de bancos”, pág. 23).
- Se determinaron y analizaron las propiedades físico - mecánicas del agregado fino de los bancos seleccionados, así mismo para el banco patrón, haciendo uso de las normas ASTM (Ver capítulo III, inciso 3.3. “Determinación y análisis de las propiedades de las arenas”, pág. 43). De acuerdo a este análisis podemos concluir que el material del banco “San Caralampio” cumple con todos los estándares señalados en dicha norma; en cambio el material del banco Arroyo y Matadero presentan desviaciones en los límites de Granulometría. Además, el banco Arroyo falla en el ensayo de impurezas orgánicas (Ver capítulo IV, inciso 4.6. “Resumen de resultados”, pág. 82).
- Se realizó el análisis comparativo entre las propiedades físico – mecánicas de los agregados finos de los tres bancos seleccionados (Matadero, Arroyo, y San Caralampio) y el agregado fino del banco patrón (Motastepe) (Ver capítulo IV, pág. 65). En base a esta comparación hemos establecido que las propiedades del agregado fino del banco “San Caralampio” son las más aproximadas a las propiedades del agregado fino del banco patrón.

- En base al análisis comparativo y a los resultados obtenidos de las propiedades física – mecánicas de los agregados finos de los bancos seleccionados, se concluye que el agregado fino del banco “San Caralampio” es el más óptimo para ser utilizado como agregado en mezclas de concreto, debido a que cumple con los parámetros que establece la norma ASTM para dicho fin (Ver capítulo IV, inciso 4.6. “Resumen de resultados”, pág. 82), y además se aproxima a las propiedades del material del banco patrón, tomando en cuenta que este ha sido referenciado a nivel nacional como material óptimo para ser utilizado como agregado en mezclas de mortero y concreto en la cartilla de la construcción 2011 (Ver anexo 1, tabla A1, pág. i).

5.2. Recomendaciones

- Cada vez que se haga uso del material del banco recomendado, realizar ensayos de laboratorio para verificar que las propiedades no hayan cambiado en base al estudio que realizado.
- Realizar pruebas de concreto con el material del banco recomendado (Banco San Caralampio) con el objetivo de tener una mejor perspectiva de su comportamiento.
- Realizar un estudio topográfico y estudio de suelo para la delimitación del área y profundidad de material que puede ser explotado del banco recomendado, con el fin de tener un valor más exacto de volumen y controlar el ritmo de explotación.
- Para el banco de material que cumplió con los requisitos para ser explotado, esta acción debe realizarse en tiempo de verano, debido a la lámina de agua que cubre el río en invierno.

Bibliografía

- Arias Martinez, H. A., Rodriguez Castro, L. O., & Navarro Lopez, R. A. (2017). *Valoración de la calidad de los bloques de concreto elaborados artesanalmente en el km 12 Carretera Masaya y el sector de la UCA en el periodo Agosto -Diciembre 2016*. Managua.
- Aso, F. O. (1985). *Materiales de construcción*.
- ASTM. (15 de Octubre de 2019). *ASTM International*. Obtenido de ASTM International : www.astm.org
- Barrentes Maradiaga, M., & Mora Molina, K. (2018). *Análisis comparativo del comportamiento fisico-mecánico de un concreto hidraulico frabricado con agregados reciclados y un concreto hidraulico convencional*. Managua: Universidad Nacional de Ingenieria.
- Blanco, M., & Matus Lazo , I. (2008). *Apuntes de Materiales de Construcción* . Managua.
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. E. (2016). *Geomecanica*. Manzinales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia-Sede Manzinales.
- Federación de áridos - FdA. (2008). *Pequeña historia de los áridos*. Catalunya: Mediterraneo.
- Guzman, D. S. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Santafé de Bogota: Bhandar Editores LTDA.
- Loaisiga López, G. A., & Zepeda Hernández, J. M. (2012). *Análisis comparativo técnico-económico de unidades de bloques empleando mezclas de agregados de arenas pómez y arena de escoria volcánica color roja, con unidades de bloques de agredados de peso normal*. Managua : Universidad Nacional de Ingenieria .
- Matus Lazo, I. A., & Blanco Rodríguez, M. A. (s.f.). *Materiales de construcción* . Managua.

- Matuz lazo, I., & Lindo O'connors, S. (2018). Guías de laboratorios de materiales de construcción. En I. Matuz lazo, & S. Lindo O'connors, *Guías de laboratorios de materiales de construcción*. Managua.
- MTI, M. d. (2019). *Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes*. Managua.
- Rivera L, G. (2013). *Concreto Simple*. Popayan, Cauca: Universidad del Cauca.
- S. Mamlouk, M., & P. Zaniewski, J. (2009). *Materiales para ingeniería civil*. Madrid: Pearson Educación.
- Salvador, I. C. (Abril de 2009). *Ingeniería civil, Normas Técnicas, Libros, Documentos, Etc.* Obtenido de Ingeniería Civil en El Salvador: <http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/normas-astm-traducidas.html>
- Silva, O. J. (2020). *Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezclas de concreto*. Obtenido de 360 en concreto web site: Empresa de cemento del grupo ARGOS: <https://www.360enconcreto.com>
- Steven H. Kosmatka, B. K. (1992). *Diseño y control de mezclas de concreto 1ª edición*. México: PCA.
- transporte, I. M. (2019). *Manual de ensayos para laboratorio*. Mexico.

ANEXOS

ANEXO 1. Proporcionamiento de mezclas para concretos convencionales, utilizando grava basáltica y arena natural, tipo Motastepe.

Tabla A1. Proporcionamiento por volúmenes para concretos convencionales					
Tipo	Proporción volumétrica	No. bolsas de cemento	Arena (m³)	Grava (m³)	Agua (lt)
Alta resistencia F'c= 300kg/cm ²	1:1.5:1.5	12.5	0.53	0.53	253
Columnas y techos F'c= 245 kg/cm ²	1:1.5:2.5	10	0.43	0.71	215
Losas y zapatas F'c= 210 kg/cm ²	1:2:2	9.5	0.55	0.55	225
Muros F'c= 195 kg/cm	1:2:2.5	9	0.51	0.65	205
Cascote y pisos F'c= 165 kg/cm ²	1:2:3	8.5	0.47	0.71	200

Fuente: Nueva cartilla de la construcción, 2011

ANEXO 2. Requisitos granulométricos según ASTM C 33

Tabla A2. Límites establecidos por ASTM C 33			
Malla	Abertura (mm)	% mín.	% más
3/8"	9.52	100	100
No. 4	4.75	95	100
No. 8	2.36	80	100
No. 16	1.18	50	85
No. 30	0.6	25	60
No. 50	0.3	5	30
No. 100	0.15	0	10
No. 200	0.075	0	5

Fuente: ASTM C 33

ANEXO 3. Contenido de humedad de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe

Tabla A3(a). Contenido de humedad - Agregado fino del banco "Arroyo"					
Agregado	Arena				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Código de tara	W-5	IM-2	M-189	MATUZ	H-W
Peso de tara (grs)	124.70	138.70	118.10	135.00	131.50
Peso de tara + agregado húmedo (grs)	624.70	638.70	618.10	635.00	631.50
Peso de agregado húmedo (grs)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso tara + agregado seco (grs)	601.50	615.30	594.30	611.10	606.80
Peso de agregado seco (grs)	476.80	476.60	476.20	476.10	475.30
Contenido de humedad (%)	4.87	4.91	5.00	5.02	5.20
Contenido de humedad promedio (%)	4.98				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A3(b). Contenido de humedad - Agregado fino del banco "Matadero"					
Agregado	Arena				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Código de tara	T-5U	RM-7	XX-10L	M-E	GB-5
Peso de tara (grs)	133.90	134.20	128.00	139.30	135.30
Peso de tara + agregado húmedo (grs)	633.90	634.20	628.00	639.30	635.30
Peso de agregado húmedo (grs)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso tara + agregado seco (grs)	603.00	602.80	595.80	606.80	602.20
Peso de agregado seco (grs)	469.10	468.60	467.80	467.50	466.90
Contenido de humedad (%)	6.59	6.70	6.88	6.95	7.09
Contenido de humedad promedio (%)	6.85				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A3(c). Contenido de humedad - Agregado fino del banco "San Caralampio"					
Agregado	Arena				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Código de tara	BM-1	B-12	G-2	MX	S-12
Peso de tara (grs)	132.80	115.40	133.80	122.70	130.70
Peso de tara + agregado húmedo (grs)	632.80	615.40	633.80	622.70	630.70
Peso de agregado húmedo (grs)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso tara + agregado seco (grs)	615.50	598.00	616.20	605.10	613.00
Peso de agregado seco (grs)	482.70	482.60	482.40	482.40	482.30
Contenido de humedad (%)	3.58	3.61	3.65	3.65	3.67
Contenido de humedad promedio (%)	3.63				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A3(d). Contenido de humedad - Agregado fino del banco "Motastepe"					
Agregado	Arena				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Código de tara	PT-13	P7-4	S-79	IA-21N	IA-31D
Peso de tara (grs)	170.90	167.40	157.50	162.40	161.90
Peso de tara + agregado húmedo (grs)	670.90	667.40	657.50	622.40	661.90
Peso de agregado húmedo (grs)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso tara + agregado seco (grs)	650.70	648.40	637.50	642.20	640.90
Peso de agregado seco (grs)	479.80	481.00	480.00	479.80	479.00
Contenido de humedad (%)	4.21	3.95	4.17	4.21	4.38
Contenido de humedad promedio (%)	4.11				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4. Pesos unitarios y porcentaje de vacíos de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe

Tabla A4(a). Peso volumétrico seco suelto y peso volumétrico seco compacto - Agregado fino del banco "Arroyo"					
Agregado	Arena				
Molde No.	Molde de arena MB				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Volumen del molde (m ³)	0.0032				
Peso del molde (kg)	2.867				
Peso del agregado suelto + molde	7.248	7.275	7.295	7.348	7.363
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	4.381	4.408	4.428	4.481	4.496
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1349.6 7	1357.9 9	1364.1 5	1380.4 8	1385.10
Peso volumétrico seco suelto promedio (kg/m ³)	1367.54				
Peso del agregado compacto + molde (Kg)	7.608	7.614	7.722	7.762	7.782
Peso del agregado compacto en el molde (kg)	4.741	4.747	4.855	4.895	4.915
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)	1460.5 7	1462.4 2	1495.6 9	1508.0 2	1514.18
Peso volumétrico seco compacto promedio (kg/m ³)	1488.71				
Porcentaje de vacíos (%)	30.79	30.70	29.13	28.54	28.25
Porcentaje de vacíos promedio (%)	29.46				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A4(b). Peso volumétrico seco suelto y peso volumétrico seco compacto - Agregado fino del banco "Matadero"					
Agregado	Arena				
Molde No.	Molde de arena MB				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Volumen del molde (m ³)	0.0032				
Peso del molde (kg)	2.867				
Peso del agregado suelto + molde	8.038	8.107	8.115	8.137	8.138
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	5.171	5.240	5.248	5.270	5.271
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1593.0 5	1614.3 0	1616.7 7	1623.5 4	1623.8 5
Peso volumétrico seco suelto promedio (kg/m ³)	1618.20				
Peso del agregado compacto + molde (Kg)	8.395	8.455	8.459	8.518	8.525
Peso del agregado compacto en el molde (kg)	5.528	5.588	5.592	5.651	5.658
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)	1703.0 3	1721.5 1	1722.7 4	1740.9 2	1743.0 8
Peso volumétrico seco compacto promedio (kg/m ³)	1728.39				
Porcentaje de vacíos (%)	29.82	29.06	29.01	28.26	28.17
Porcentaje de vacíos promedio (%)	28.77				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A4(c). Peso volumétrico seco suelto y peso volumétrico seco compacto - Agregado fino del banco "San Caralampio"					
Agregado	Arena				
Molde No.	Molde de arena MB				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Volumen del molde (m ³)	0.0032				
Peso del molde (kg)	2.867				
Peso del agregado suelto + molde	7.402	7.516	7.525	7.537	7.581
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	4.535	4.649	4.658	4.670	4.714
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1397.11	1432.23	1435.00	1438.70	1452.26
Peso volumétrico seco suelto promedio (kg/m ³)	1435.31				
Peso del agregado compacto + molde (Kg)	8.016	8.047	8.070	8.087	8.110
Peso del agregado compacto en el molde (kg)	5.149	5.180	5.203	5.220	5.243
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)	1586.27	1595.82	1602.90	1608.14	1615.23
Peso volumétrico seco compacto promedio (kg/m ³)	1602.29				
Porcentaje de vacíos (%)	36.46	36.08	35.79	35.58	35.30
Porcentaje de vacíos promedio (%)	35.82				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A4(d). Peso volumétrico seco suelto y peso volumétrico seco compacto - Agregado fino del banco "Motastepe"					
Agregado	Arena				
Molde No.	Molde de arena MB				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Volumen del molde (m ³)	0.0032				
Peso del molde (kg)	2.867				
Peso del agregado suelto + molde	7.193	7.203	7.213	7.268	7.276
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	4.326	4.336	4.346	4.401	4.409
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1332.72	1335.80	1338.89	1355.83	1358.29
Peso volumétrico seco suelto promedio (kg/m ³)	1343.51				
Peso del agregado compacto + molde (Kg)	7.515	7.594	7.595	7.637	7.685
Peso del agregado compacto en el molde (kg)	4.648	4.727	4.728	4.770	4.818
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)	1431.92	1456.26	1456.57	1469.51	1484.30
Peso volumétrico seco compacto promedio (kg/m ³)	1460.78				
Porcentaje de vacíos (%)	36.12	35.04	35.03	34.45	33.79
Porcentaje de vacíos promedio (%)	34.84				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5. Gravedad específica y porcentaje de absorción de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe

Tabla A5(a). Gravedad específica y porcentaje de absorción - Agregado fino del banco "Arroyo "					
Agregado	Arena				
Peso del picnómetro + agua (grs)	685.4				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Peso del frasco seco y limpio (grs)	186.40				
Peso de la arena en condición SSS (grs)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del frasco + arena + agua (grs)	919.30	919.80	975.60	979.10	980.10
Peso de tara (grs)	158.80	168.60	166.50	171.00	167.20
Peso seco de la arena + tara (grs)	634.20	644.30	640.40	646.90	642.90
Peso seco de la arena (grs)	475.40	475.70	473.90	475.90	475.70
Gravedad específica (Densidad relativa)	1.79	1.79	2.26	2.31	2.32
Gravedad específica promedio	2.12				
Gravedad específica SSS	1.88	1.88	2.38	2.42	2.44
Gravedad específica SSS promedio	2.23				
Gravedad específica aparente	1.97	1.97	2.58	2.61	2.63
Gravedad específica aparente promedio	2.39				
Porcentaje de absorción	5.17	5.11	5.51	5.06	5.11
Porcentaje de absorción promedio	5.13				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A5(b). Gravedad específica y porcentaje de absorción - Agregado fino del banco " Matadero "					
Agregado	Arena				
Peso del picnómetro + agua (grs)	685.4				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Peso del frasco seco y limpio (grs)	186.40				
Peso de la arena en condición SSS (grs)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del frasco + arena + agua (grs)	981.10	983.00	986.20	984.60	989.90
Peso de tara (grs)	163.70	167.50	162.30	164.80	167.20
Peso seco de la arena + tara (grs)	653.50	656.90	649.30	656.00	658.90
Peso seco de la arena (grs)	489.80	489.40	487.00	491.20	491.70
Gravedad específica (Densidad relativa)	2.40	2.42	2.44	2.45	2.52
Gravedad específica promedio	2.44				
Gravedad específica SSS	2.45	2.47	2.51	2.49	2.56
Gravedad específica SSS promedio	2.49				
Gravedad específica aparente	2.52	2.55	2.62	2.56	2.63
Gravedad específica aparente promedio	2.58				
Porcentaje de absorción	2.08	2.17	2.67	1.79	1.69
Porcentaje de absorción promedio	2.01				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A5(c). Gravedad específica y porcentaje de absorción - Agregado fino del banco "San Caralampio"					
Agregado	Arena				
Peso del picnómetro + agua (grs)	681.4				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Peso del frasco seco y limpio (grs)	184.70				
Peso de la arena en condición SSS (grs)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del frasco + arena + agua (grs)	988.10	986.70	988.00	987.40	984.50
Peso de tara (grs)	162.10	167.50	171.10	158.00	162.60
Peso seco de la arena + tara (grs)	648.80	653.70	657.60	644.30	653.00
Peso seco de la arena (grs)	486.70	486.20	486.50	486.30	490.40
Gravedad específica (Densidad relativa)	2.52	2.50	2.52	2.51	2.49
Gravedad específica promedio	2.51				
Gravedad específica SSS	2.59	2.57	2.59	2.58	2.54
Gravedad específica SSS promedio	2.58				
Gravedad específica aparente	2.70	2.69	2.70	2.70	2.62
Gravedad específica aparente promedio	2.70				
Porcentaje de absorción	2.73	2.84	2.77	2.82	1.96
Porcentaje de absorción promedio	2.77				

Fuente: Elaboración propia

Tabla A5(d). Gravedad específica y porcentaje de absorción - Agregado fino del banco "Motastepe"					
Agregado	Arena				
Peso del picnómetro + agua (grs)	684.6				
Ensayo No.	1	2	3	4	5
Peso del frasco seco y limpio (grs)	186.90				
Peso de la arena en condición SSS (grs)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del frasco + arena + agua (grs)	975.30	974.20	973.80	973.70	972.80
Peso de tara (grs)	165.20	166.80	168.60	171.20	168.20
Peso seco de la arena + tara (grs)	639.00	640.80	643.40	645.10	643.50
Peso seco de la arena (grs)	473.80	474.00	474.80	473.90	475.30
Gravedad específica (Densidad relativa)	2.26	2.25	2.25	2.25	2.24
Gravedad específica promedio	2.25				
Gravedad específica SSS	2.39	2.38	2.37	2.37	2.36
Gravedad específica SSS promedio	2.37				
Gravedad específica aparente	2.59	2.57	2.56	2.56	2.54
Gravedad específica aparente promedio	2.56				
Porcentaje de absorción	5.53	5.49	5.31	5.51	5.20
Porcentaje de absorción promedio	5.43				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6. Análisis granulométrico de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe

Tabla A6(a). Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "Arroyo"																				
tamiz	Peso retenido parcial					Peso retenido parcial %					Porcentaje retenido acumulado %					Porcentaje que pasa %				
	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5
3/8	13.20	5.50	37.40	4.40	9.50	2.64	1.10	7.48	0.88	1.90	2.64	1.10	7.48	0.88	1.90	97.36	98.90	92.52	99.12	98.10
No 4	10.20	19.20	16.80	12.80	25.20	2.04	3.84	3.36	2.56	5.04	4.68	4.94	10.84	3.44	6.94	95.32	95.06	89.16	96.56	93.06
No 8	24.00	36.20	27.50	34.40	34.60	4.80	7.24	5.50	6.88	6.92	9.48	12.18	16.34	10.32	13.86	90.52	87.82	83.66	89.68	86.14
No 16	44.40	56.30	40.40	54.40	58.90	8.88	11.26	8.08	10.88	11.78	18.36	23.44	24.42	21.20	25.64	81.64	76.56	75.58	78.80	74.36
No 30	91.00	91.30	77.00	90.00	90.40	18.20	18.26	15.40	18.00	18.08	36.56	41.70	39.82	39.20	43.72	63.44	58.30	60.18	60.80	56.28
No 50	148.70	132.80	137.60	141.00	134.60	29.74	26.56	27.52	28.20	26.92	66.30	68.26	67.34	67.40	70.64	33.70	31.74	32.66	32.60	29.36
No 100	96.10	85.50	91.60	91.00	82.40	19.22	17.10	18.32	18.20	16.48	85.52	85.36	85.66	85.60	87.12	14.48	14.64	14.34	14.40	12.88
No 200	31.90	31.80	31.50	30.70	25.10	6.38	6.36	6.30	6.14	5.02	91.90	91.72	91.96	91.74	92.14	8.10	8.28	8.04	8.26	7.86
Pasa No 200	40.50	41.40	40.20	41.30	39.30	8.10	8.28	8.04	8.26	7.86	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Suma	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00										
MF	2.24	2.37	2.52	2.28	2.50															
MF Promedio	2.38																			

Fuente: Elaboración propia

Tabla A6(b). Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "Matadero"

tamiz	Peso retenido parcial					Peso retenido parcial %					Porcentaje retenido acumulado %					Porcentaje que pasa %				
	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5
3/8	38.10	27.30	16.80	16.00	39.30	7.62	5.46	3.36	3.20	7.86	7.62	5.46	3.36	3.20	7.86	92.38	94.54	96.64	96.80	92.14
No 4	45.50	44.40	37.20	34.70	36.50	9.10	8.88	7.44	6.94	7.30	16.72	14.34	10.80	10.14	15.16	83.28	85.66	89.20	89.86	84.84
No 8	41.90	38.70	36.90	39.30	36.70	8.38	7.74	7.38	7.86	7.34	25.10	22.08	18.18	18.00	22.50	74.90	77.92	81.82	82.00	77.50
No 16	56.90	52.60	48.70	56.00	51.60	11.38	10.52	9.74	11.20	10.32	36.48	32.60	27.92	29.20	32.82	63.52	67.40	72.08	70.80	67.18
No 30	68.80	62.90	63.50	71.50	65.90	13.76	12.58	12.70	14.30	13.18	50.24	45.18	40.62	43.50	46.00	49.76	54.82	59.38	56.50	54.00
No 50	75.50	78.50	83.40	82.40	78.20	15.10	15.70	16.68	16.48	15.64	65.34	60.88	57.30	59.98	61.64	34.66	39.12	42.70	40.02	38.36
No 100	76.30	83.30	92.10	89.40	85.30	15.26	16.66	18.42	17.88	17.06	80.60	77.54	75.72	77.86	78.70	19.40	22.46	24.28	22.14	21.30
No 200	57.80	68.80	76.40	65.80	65.50	11.56	13.76	15.28	13.16	13.10	92.16	91.30	91.00	91.02	91.80	7.84	8.70	9.00	8.98	8.20
Pasa No 200	39.20	43.50	45.00	44.90	41.00	7.84	8.70	9.00	8.98	8.20	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Suma	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00										
MF	2.82	2.58	2.34	2.42	2.65															
MF Promedio	2.55	Fuente: Elaboración propia																		

Tabla A6(c). Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "San Caralampio"

tamiz	Peso retenido parcial					Peso retenido parcial %					Porcentaje retenido acumulado %					Porcentaje que pasa %				
	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5
3/8	6.20	13.40	7.60	7.60	1.00	1.24	2.68	1.52	1.52	0.20	1.24	2.68	1.52	1.52	0.20	98.76	97.32	98.48	98.48	99.80
No 4	24.30	16.00	16.20	22.60	20.50	4.86	3.20	3.24	4.52	4.10	6.10	5.88	4.76	6.04	4.30	93.90	94.12	95.24	93.96	95.70
No 8	28.80	25.50	34.70	24.10	29.00	5.76	5.10	6.94	4.82	5.80	11.86	10.98	11.70	10.86	10.10	88.14	89.02	88.30	89.14	89.90
No 16	43.90	44.20	54.50	40.30	42.70	8.78	8.84	10.90	8.06	8.54	20.64	19.82	22.60	18.92	18.64	79.36	80.18	77.40	81.08	81.36
No 30	97.40	98.90	107.10	98.40	100.10	19.48	19.78	21.42	19.68	20.02	40.12	39.60	44.02	38.60	38.66	59.88	60.40	55.98	61.40	61.34
No 50	169.50	171.40	169.10	175.10	179.40	33.90	34.28	33.82	35.02	35.88	74.02	73.88	77.84	73.62	74.54	25.98	26.12	22.16	26.38	25.46
No 100	93.50	91.50	82.10	94.10	90.60	18.70	18.30	16.42	18.82	18.12	92.72	92.18	94.26	92.44	92.66	7.28	7.82	5.74	7.56	7.34
No 200	25.00	25.00	19.00	25.30	23.50	5.00	5.00	3.80	5.06	4.70	97.72	97.18	98.06	97.50	97.36	2.28	2.82	1.94	2.50	2.64
Pasa No 200	11.40	14.10	9.70	12.50	13.20	2.28	2.82	1.94	2.50	2.64	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Suma	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00										
MF	2.47	2.45	2.57	2.42	2.39															
MF Promedio	2.45	Fuente: Elaboración propia																		

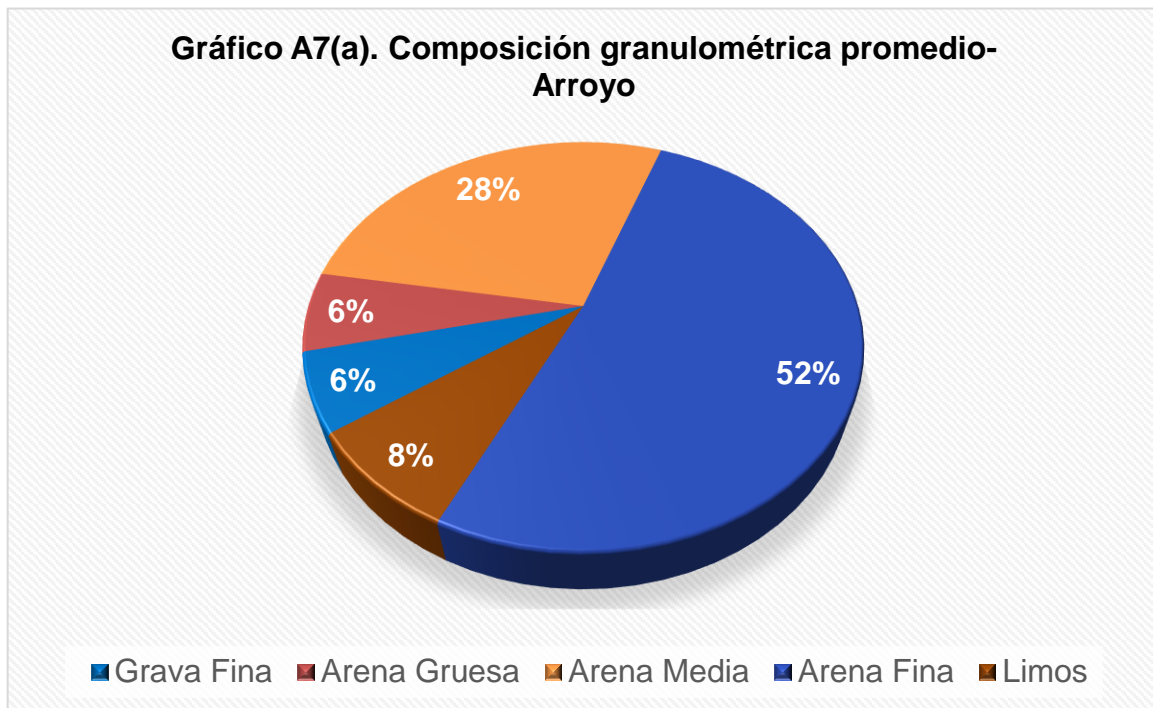
Tabla A6(d). Análisis granulométrico - Agregado fino del banco "Motastepe"																				
tamiz	Peso retenido parcial					Peso retenido parcial %					Porcentaje retenido acumulado %					Porcentaje que pasa %				
	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5	Ensayo No 1	Ensayo No 2	Ensayo No 3	Ensayo No 4	Ensayo No 5
3/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
No 4	25.90	27.10	20.00	25.40	25.70	5.18	5.42	4.00	5.08	5.14	5.18	5.42	4.00	5.08	5.14	94.82	94.58	96.00	94.92	94.86
No 8	139.70	146.90	145.00	132.90	147.60	27.94	29.38	29.00	26.58	29.52	33.12	34.80	33.00	31.66	34.66	66.88	65.20	67.00	68.34	65.34
No 16	143.10	157.80	154.50	156.80	154.60	28.62	31.56	30.90	31.36	30.92	61.74	66.36	63.90	63.02	65.58	38.26	33.64	36.10	36.98	34.42
No 30	89.40	79.50	79.60	94.30	85.70	17.88	15.90	15.92	18.86	17.14	79.62	82.26	79.82	81.88	82.72	20.38	17.74	20.18	18.12	17.28
No 50	41.40	40.40	45.00	41.30	40.40	8.28	8.08	9.00	8.26	8.08	87.90	90.34	88.82	90.14	90.80	12.10	9.66	11.18	9.86	9.20
No 100	17.00	17.50	17.60	17.40	16.80	3.40	3.50	3.52	3.48	3.36	91.30	93.84	92.34	93.62	94.16	8.70	6.16	7.66	6.38	5.84
No 200	17.80	10.80	15.30	11.00	10.10	3.56	2.16	3.06	2.20	2.02	94.86	96.00	95.40	95.82	96.18	5.14	4.00	4.60	4.18	3.82
Pasa No 200	25.70	20.00	23.00	20.90	19.10	5.14	4.00	4.60	4.18	3.82	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Suma	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00										
MF	3.59	3.73	3.62	3.65	3.73															
MF Promedio	3.69																			

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7. Composición granulométrica de los agregados finos de los bancos de Nandaime y Motastepe

Tabla A7(a). Composición granulométrica promedio- Arroyo			
Descripción de las Fracciones	Tamaño del Tamiz		Porcentaje
	No.	mm	
Grava Fina	3/8"	9.5	6.17
	No. 4	4.75	
Arena Gruesa	No. 8	2.36	6.27
Arena Media	No. 16	1.18	27.76
	No. 30	0.60	
Arena Fina	No. 50	0.30	51.69
	No. 100	0.150	
	No. 200	0.075	
Limos	Pasante tamiz No. 200		8.11

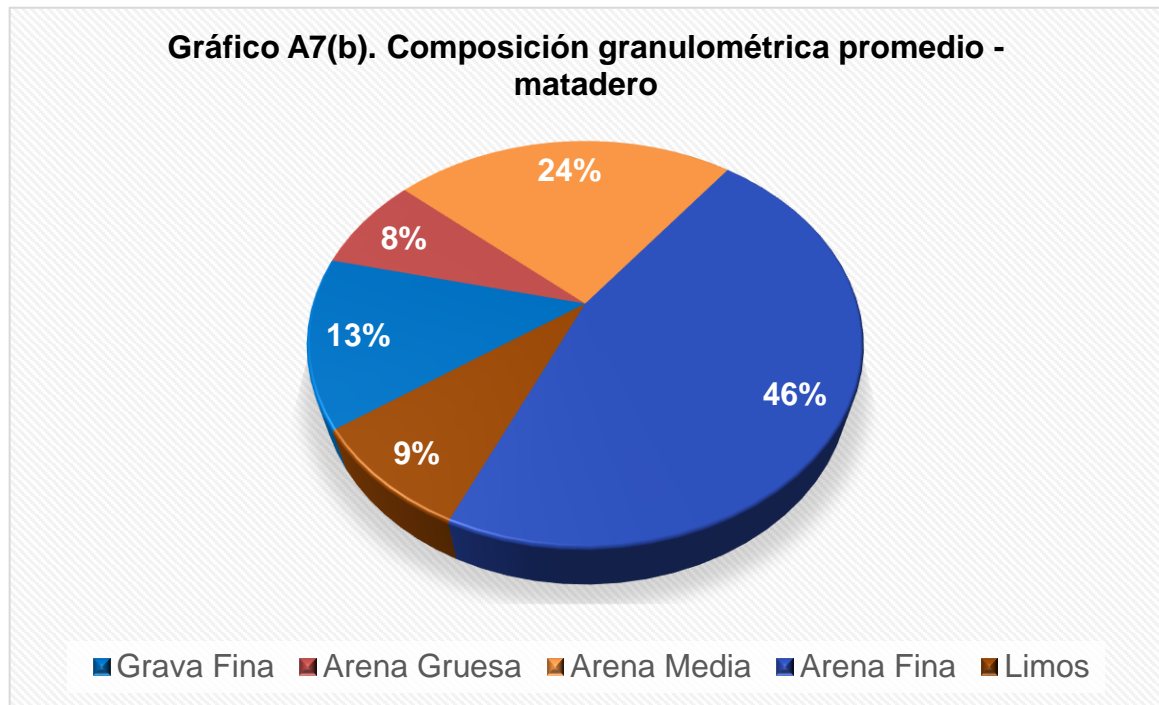
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Tabla A7(b). Composición granulométrica promedio- Matadero			
Descripción de las Fracciones	Tamaño del Tamiz		Porcentaje
	No.	mm	
Grava Fina	3/8"	9.5	13.43
	No. 4	4.75	
Arena Gruesa	No. 8	2.36	7.74
Arena Media	No. 16	1.18	23.94
	No. 30	0.60	
Arena Fina	No. 50	0.30	46.35
	No. 100	0.150	
	No. 200	0.075	
Limos	Pasante tamiz No. 200		8.54

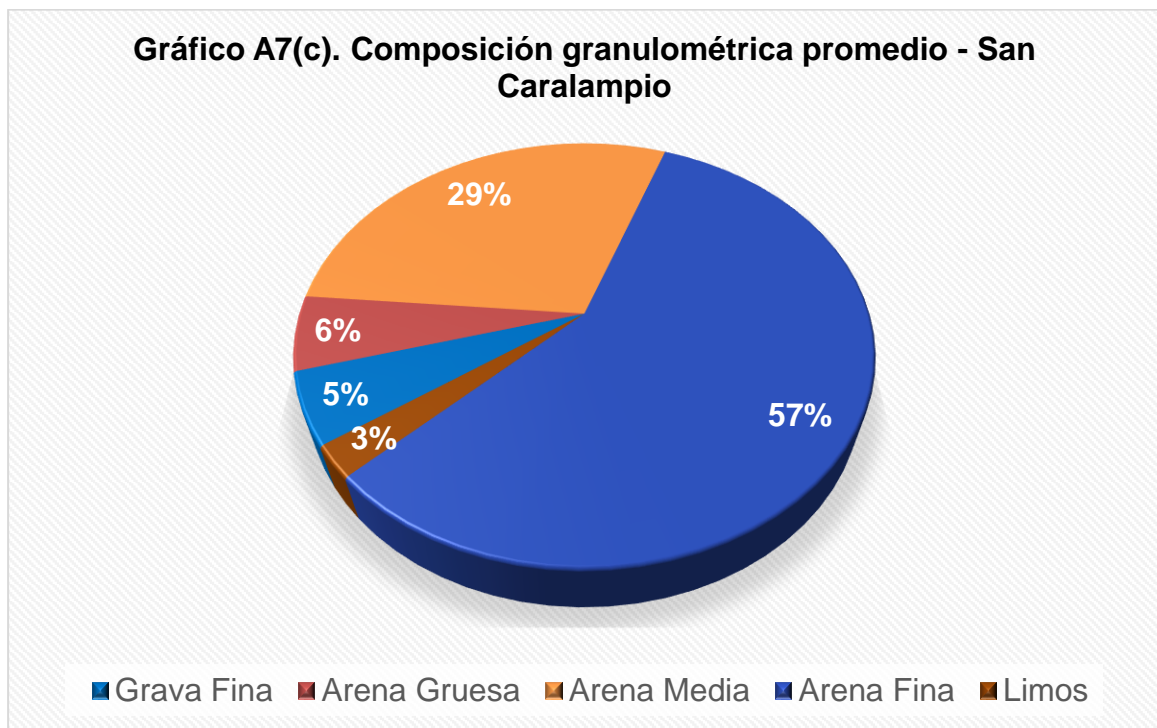
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Tabla A7(c). Composición granulométrica promedio- San Caralampio			
Descripción de las Fracciones	Tamaño del Tamiz		Porcentaje
	No.	mm	
Grava Fina	3/8"	9.5	5.42
	No. 4	4.75	
Arena Gruesa	No. 8	2.36	5.68
Arena Media	No. 16	1.18	29.10
	No. 30	0.60	
Arena Fina	No. 50	0.30	57.36
	No. 100	0.150	
	No. 200	0.075	
Limos	Pasante tamiz No. 200		2.44

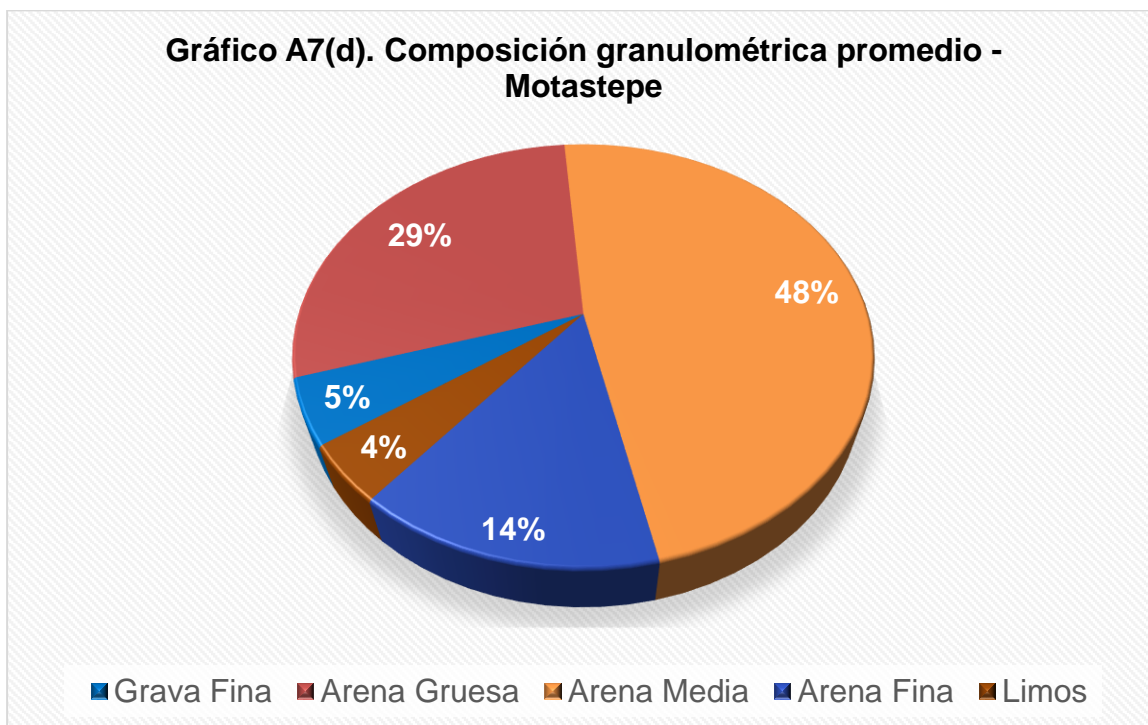
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Tabla A7(d). Composición granulométrica promedio - Motastepe			
Descripción de las Fracciones	Tamaño del Tamiz		Porcentaje
	No.	mm	
Grava Fina	3/8"	9.5	4.96
	No. 4	4.75	
Arena Gruesa	No. 8	2.36	28.48
Arena Media	No. 16	1.18	47.81
	No. 30	0.60	
Arena Fina	No. 50	0.30	14.39
	No. 100	0.150	
	No. 200	0.075	
Limos	Pasante tamiz No. 200		4.35

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8. Fotografías de los ensayos de laboratorio

Fotografía A8(a). Ensayo de reducción de muestras



Fuente: Elaboración propia

Fotografía A8(b). Ensayo de contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía A8(c). Ensayo de gravedad específica y porcentaje de absorción



Fuente: Elaboración propia

Fotografía A8(d). Ensayo de impurezas orgánicas



Fuente: Elaboración propia

Fotografía A8(e). Ensayo de granulometría



Fuente: Elaboración propia

Fotografía A8(f). Ensayo de granulometría



Fuente: Elaboración propia

Fotografía A8(g). Ensayo de impurezas orgánicas



Fuente: Elaboración propia

Fotografía A8(h). Ensayo de impurezas orgánicas



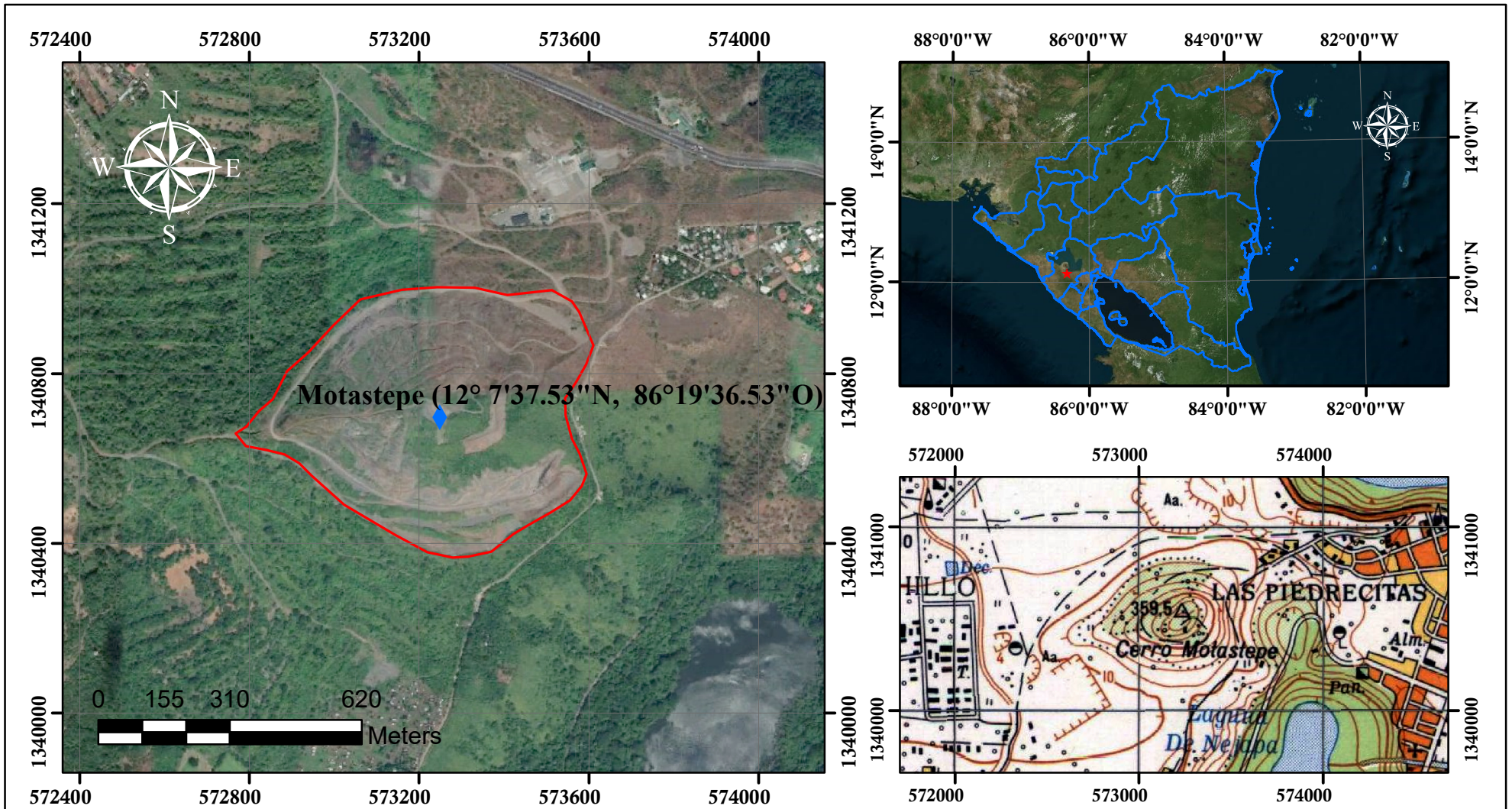
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9. Bancos de materiales descartados del estudio

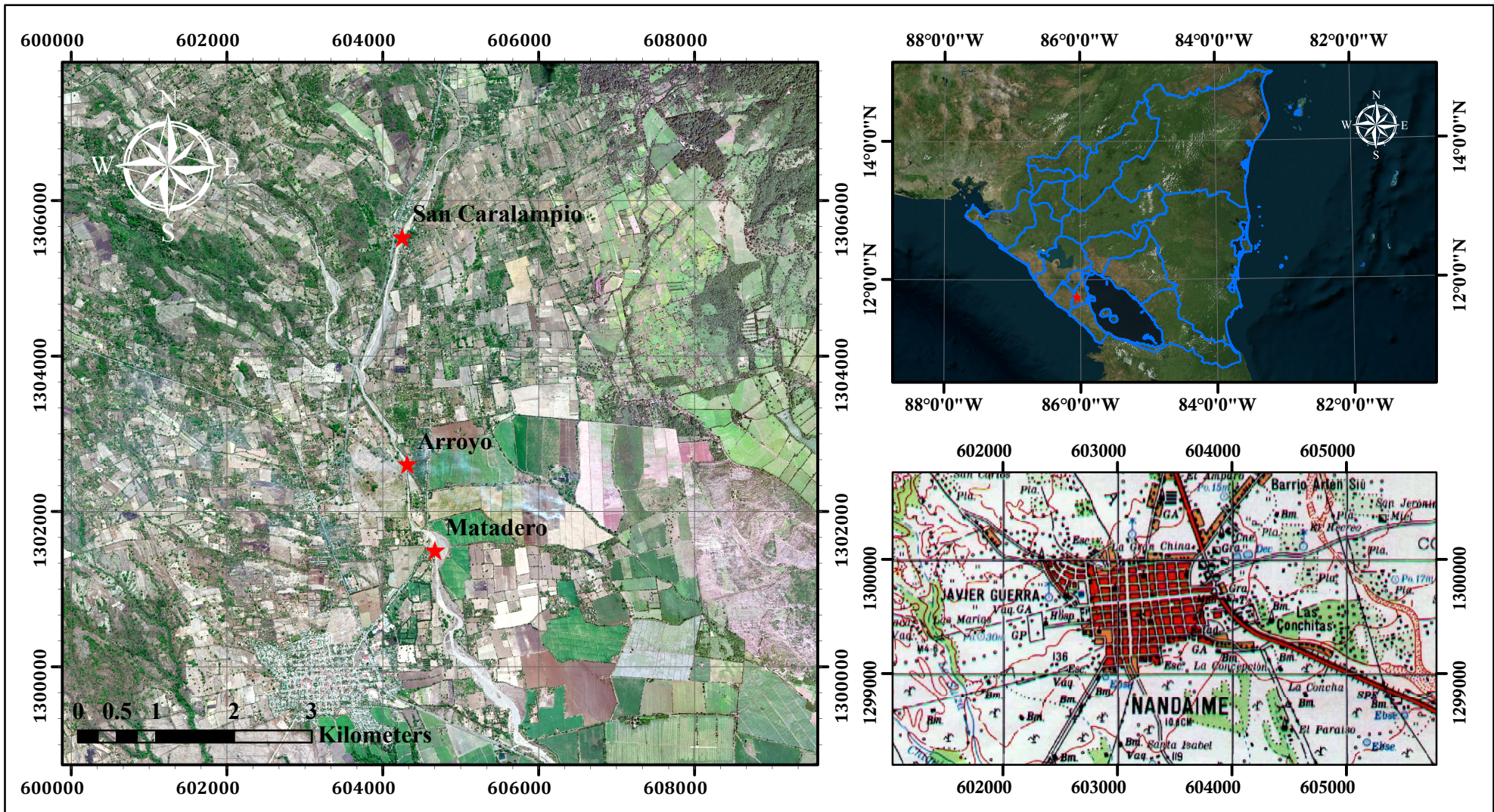
Ilustración A1. Bancos de agregado grueso



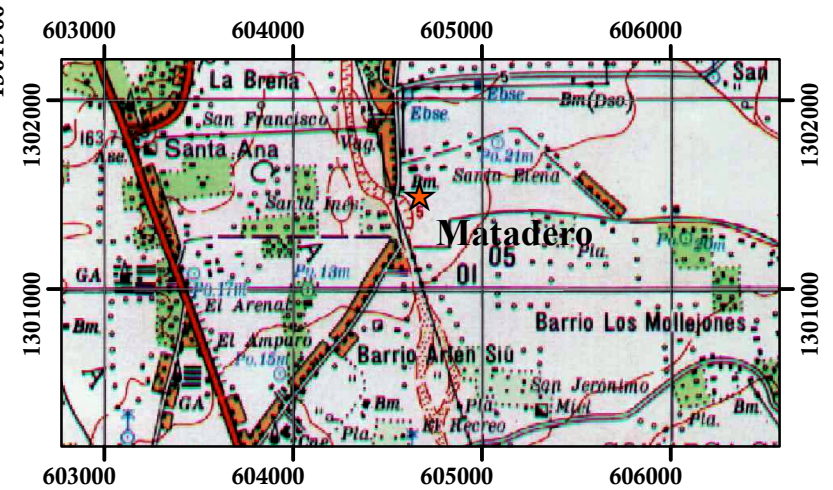
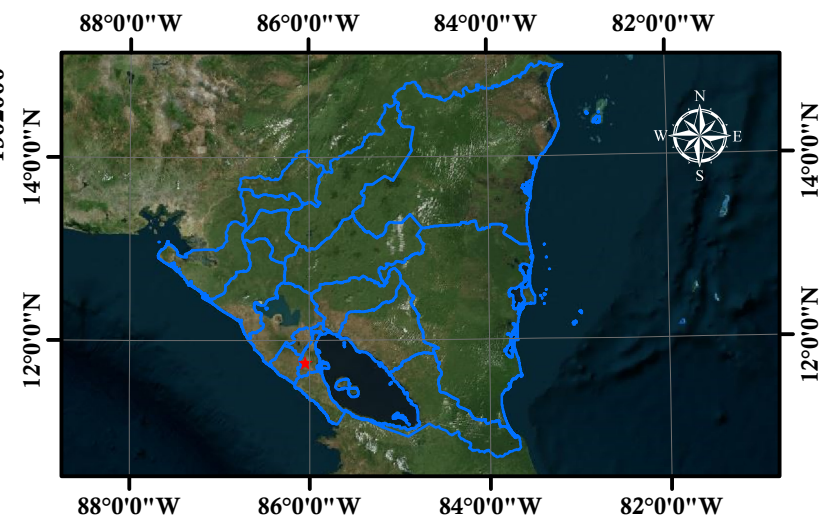
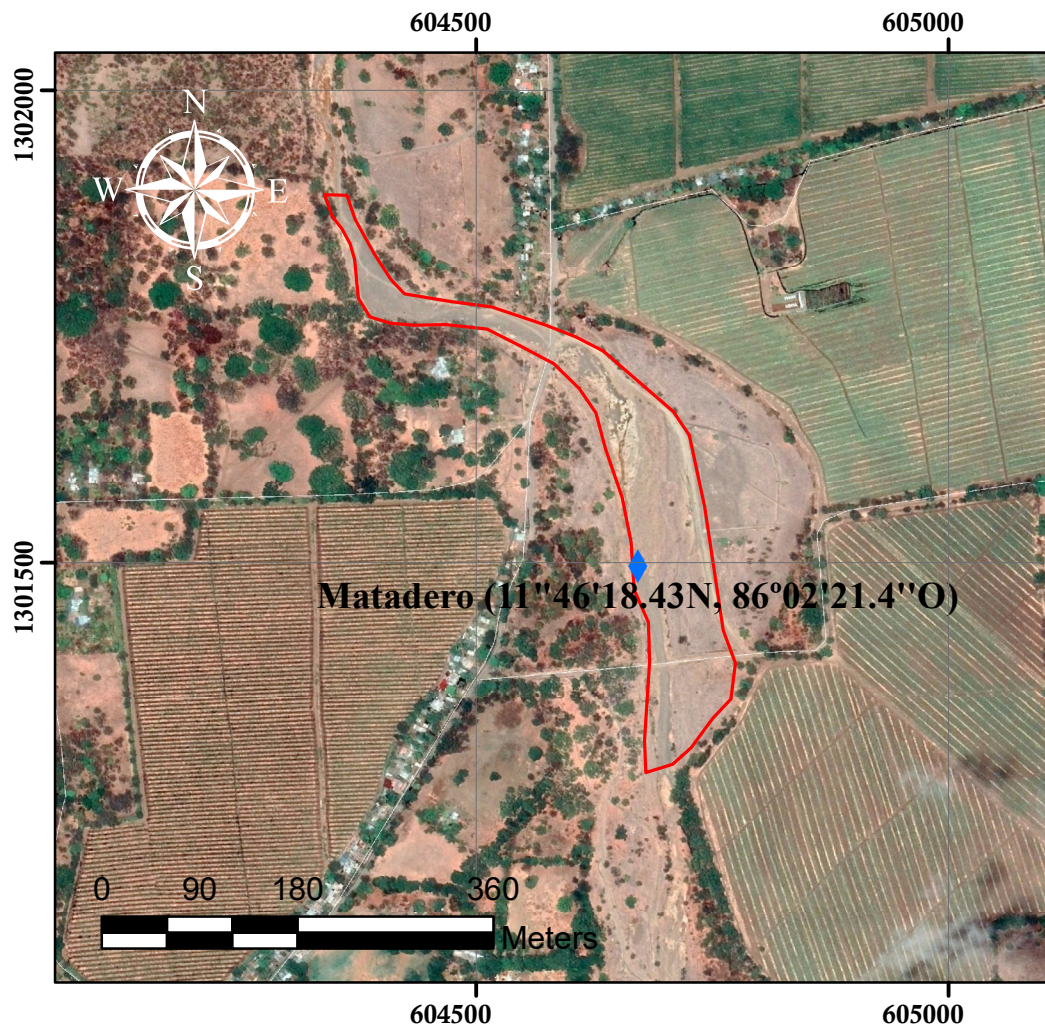
**ANEXO 10. MAPAS UBICACIÓN BANCOS DE
MATERIALES**



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: <i>ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICO, DE LOS AGREGADOS FINOS DE BANCOS DE MATERIALES UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE NANDAIME UTILIZANDO COMO ARENA PATRÓN EL BANCO DE MATERIALES DE MOTASTEPE</i>			
	FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN					
	MAPA DE UBICACIÓN DEL BANCO MOTASTEPE		ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:	
	ELABORADO POR:	<i>Br. Claudio M. Torrez Bellorin</i> <i>Br. Christian J. Zamora Herrera</i>		1:13,600	NOVIEMBRE 2020	1 / 5



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: <i>ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICO, DE LOS AGREGADOS FINOS DE BANCOS DE MATERIALES UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE NANDAIME UTILIZANDO COMO ARENA PATRÓN EL BANCO DE MATERIALES DE MOTASTEPE</i>			
	FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN					
	MAPA DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN BANCOS NANDAIME		ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:	
ELABORADO POR:		<i>Br. Claudio M. Torrez Bellorin</i> <i>Br. Christian J. Zamora Herrera</i>	1:73,500	NOVIEMBRE 2020	2 / 5	

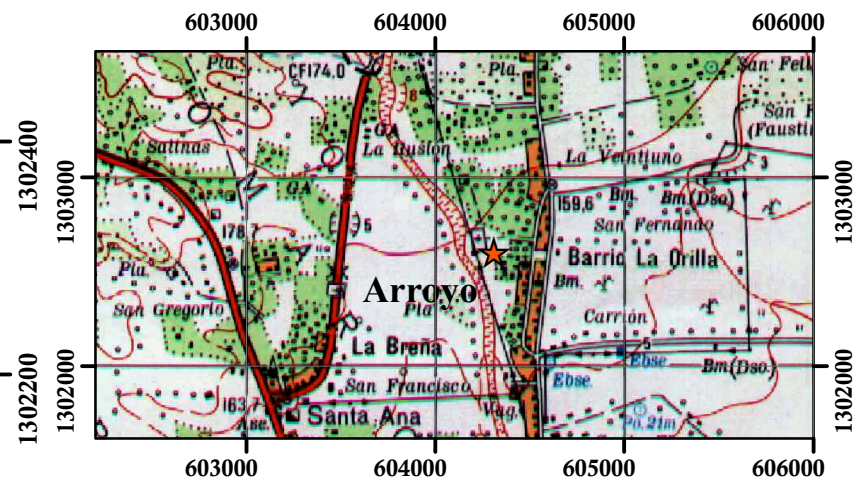
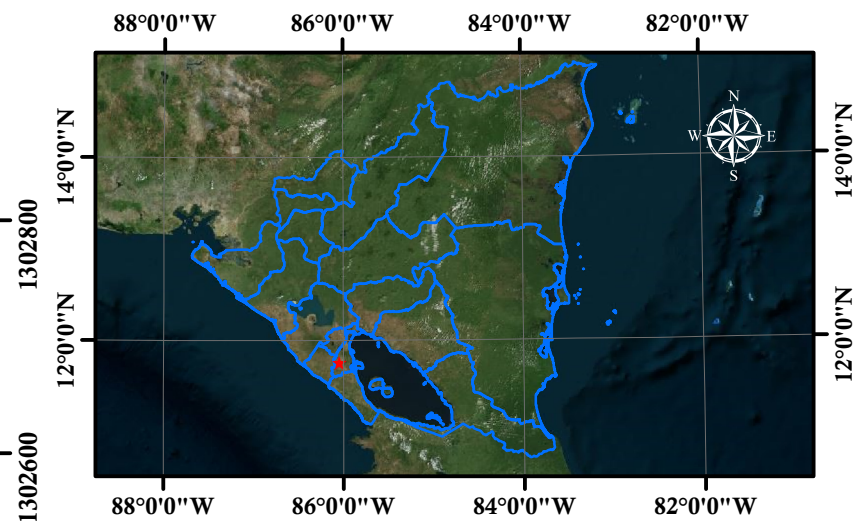
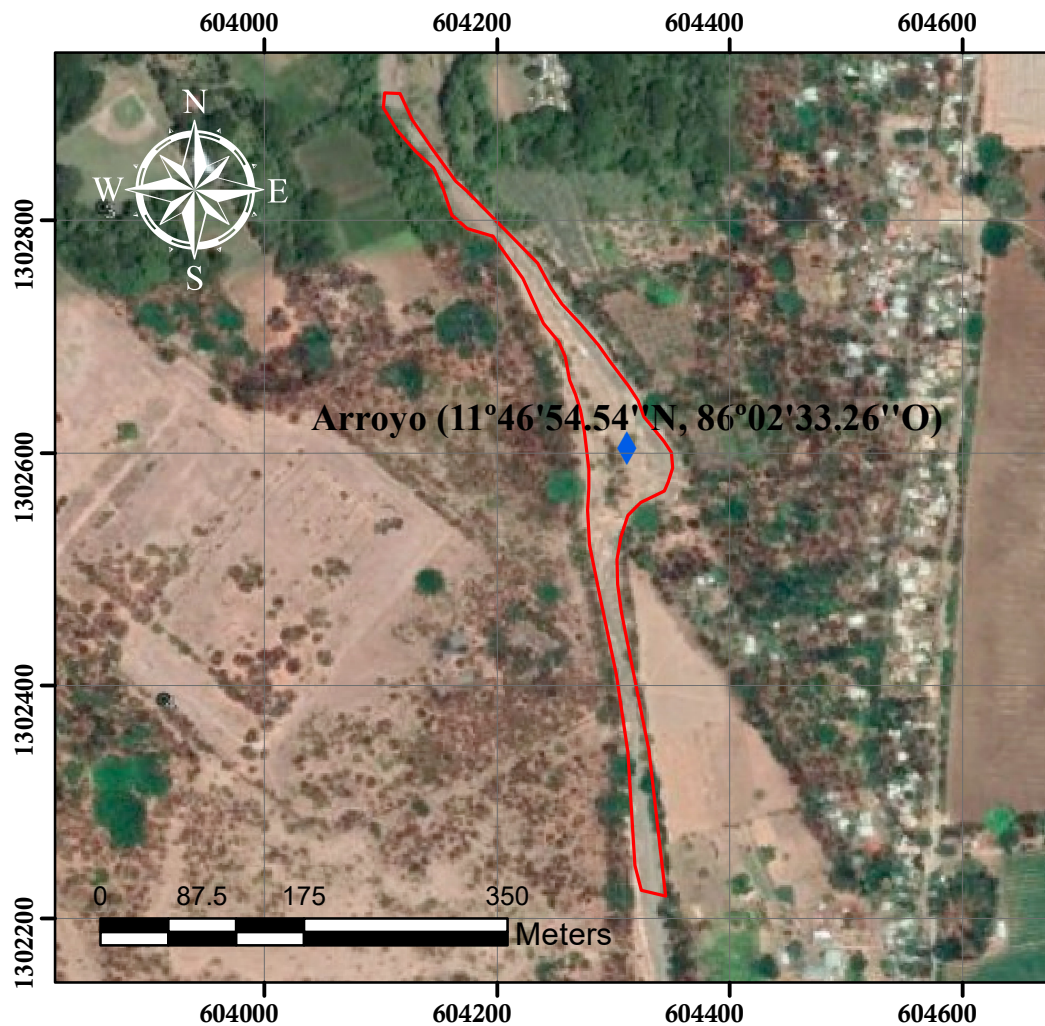


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
MAPA DE UBICACIÓN DEL BANCO MATADERO

ELABORADO POR: *Br. Claudio M. Torrez Bellorin*
Br. Christian J. Zamora Herrera

PROYECTO:
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICO, DE LOS AGREGADOS FINOS DE BANCOS DE MATERIALES UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE NANDAIME UTILIZANDO COMO ARENA PATRÓN EL BANCO DE MATERIALES DE MOTASTEPE

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:8,000	NOVIEMBRE 2020	3 / 5

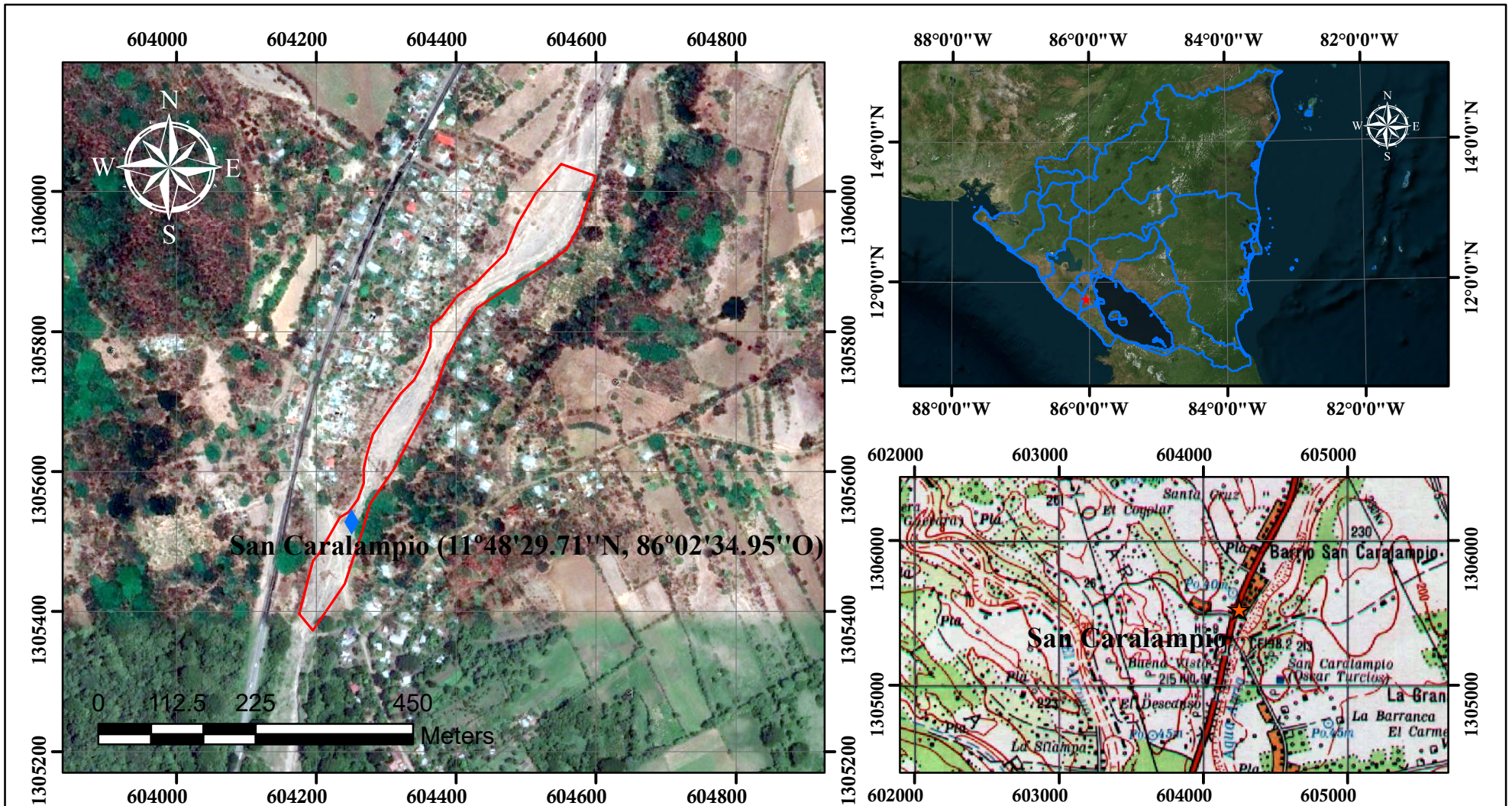


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
MAPA DE UBICACIÓN DEL BANCO ARROYO

ELABORADO POR: *Br. Claudio M. Torrez Bellorin*
Br. Christian J. Zamora Herrera

PROYECTO:
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICO, DE LOS AGREGADOS FINOS DE BANCOS DE MATERIALES UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE NANDAIME UTILIZANDO COMO ARENA PATRÓN EL BANCO DE MATERIALES DE MOTASTEPE

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:6,500	NOVIEMBRE 2020	4 / 5



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICO, DE LOS AGREGADOS FINOS DE BANCOS DE MATERIALES UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE NANDAIME UTILIZANDO COMO ARENA PATRÓN EL BANCO DE MATERIALES DE MOTASTEPE		
	FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN				
	MAPA DE UBICACIÓN DEL BANCO SAN CARALAMPPIO				
	ELABORADO POR:	<i>Br. Claudio M. Torrez Bellorin</i> <i>Br. Christian J. Zamora Herrera</i>		ESCALA:	FECHA:
			1:8,250	NOVIEMBRE 2020	5 / 5