

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS
LICENCIATURA EN GEOLOGÍA**

SEMINARIO



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-MINERA
DE LOS DEPÓSITOS DE GRANULADO PÓMEZ, SITUADOS EN
ZONAS ALEDAÑAS A LA LOCALIDAD DE PALO BLANCO,
DEPARTAMENTO TINOGASTA, PROVINCIA DE CATAMARCA**

**María Noé Figueroa
M.U. N° 410**

**Directora:
Lic. Ernestina Trinidad Vergara**

**Asesor:
Lic. Ítalo Iván Francile**

Catamarca, Julio, 2019



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
CAPÍTULO I – GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	6
1.4.1 MARCO GEOGRÁFICO	6
1.4.1.1 Orografía	7
1.4.1.2 Hidrografía	7
1.4.1.3 Clima	9
1.4.1.4 Biomas: Flora y Fauna	10
1.4.1.5 Características socio-económicas	13
1.4.2 MARCO GEOLÓGICO	14
1.4.2.1 Geología Regional	14
1.4.2.2 Estratigrafía	14
1.4.2.2.1 Proterozoico	14
1.4.2.2.1.1 Formación Famabalasto (Migmatitas, gneises y metagranitos)	14
1.4.2.2.2 Cenozoico: Terciario (Neógeno), Plioceno	14
1.4.2.2.2.1 Formación Guanchín (Areniscas conglomerádicas, arcosas y tuffitas)	15
1.4.2.2.3 Neógeno – Cuaternario: Plioceno - Pleistoceno	15
1.4.2.2.3.1 Rodados de la Puna (Conglomerados polimícticos)	15
1.4.2.2.4 Cuaternario	15
1.4.2.2.4.1 Depósitos aluviales pedemontanos antiguos	15
1.4.2.2.4.2 Depósitos aluviales pedemontanos modernos	16
1.4.2.2.4.3 Depósitos aluvio-coluviales	16
1.4.2.2.4.4 Depósitos eólicos	16
CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO	17
2.1 ANTECEDENTES	18
2.2 BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.2.1 PUZOLANAS. DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y USOS	18
2.2.1.1 Piedra Pómez. Definición y Características	20
2.2.1.2 Granulado Pómez. Definición, Características y Aplicaciones	21
2.2.1.3 Arena Pómez	22
2.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO	22
2.2.2.1 Análisis Mecánico de materiales granulares	22
2.2.2.2 Estados de Consistencia o Límites de Atterberg	24
2.2.2.3 Sistema unificado de clasificación de suelos S.U.C.S.	25
2.2.2.4 Equivalente de Arena	27



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



2.2.2.5	Peso Específico Aparente y Absorción de Agregados Pétreos Finos	27
2.2.3	PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS	27
2.2.3.1	Comportamiento puzolánico	27
2.2.4	PROPIEDADES MINERALÓGICAS	28
2.2.4.1	Grano suelto	28
2.2.4.2	Esfericidad y Redondez de la partícula	28
2.2.5	REQUISITOS GENERALES PARA ELABORAR HORMIGONES SEGÚN EL REGLAMENTO CIRSOC 201	29
2.2.6	CUBICACIÓN	30
2.2.7	BLOQUES DE HORMIGÓN	31
2.2.7.1	Definición y Uso	31
2.2.7.2	Tipos y Clasificación de bloques	34
2.2.7.3	Condiciones de Resistencia de los bloques de hormigón	36
2.2.7.4	Proceso de fabricación de bloques de Hormigón	37
2.2.7.5	Materiales usados para la fabricación de bloques de hormigón	38
2.2.7.5.1	Cemento	38
2.2.7.5.2	Agregados	39
2.2.7.5.3	Agua	40
CAPÍTULO III – METODOLOGÍA		43
3.1	METODOLOGÍA	44
3.1.1	PRIMERA ETAPA: ANÁLISIS DE ANTECEDENTES EN GABINETE	44
3.1.2	SEGUNDA ETAPA: RELEVAMIENTOS DE CAMPO	44
3.1.2.1	Sitios de muestreo	44
3.1.2.2	Técnica de muestreo sedimentológico prospectivo	45
3.1.3	TERCERA ETAPA: TRABAJOS DE GABINETE Y LABORATORIO	46
3.1.3.1	Tratamiento de muestras en laboratorio	46
3.1.3.2	Ensayos de laboratorio realizados	47
3.1.3.2.1	Propiedades Físicas de los materiales	47
3.1.3.2.1.1	Contenido de humedad natural	47
3.1.3.2.1.2	Determinación del Peso Específico Aparente suelto	48
3.1.3.2.1.3	Análisis Mecánico de materiales granulares	49
3.1.3.2.1.4	Determinación del Límite Líquido	51
3.1.3.2.1.5	Determinación del Límite Plástico	52
3.1.3.2.1.6	Equivalente de Arena	53
3.1.3.2.1.7	Peso Específico Aparente y Absorción de Agregados Pétreos Finos	55
3.1.3.2.1.8	Determinación de Sales Solubles Totales en un suelo	57
3.1.3.2.1.9	Determinación de Sulfatos Solubles en un suelo	59
3.1.3.2.2	Propiedades Químicas y Mineralógicas de los agregados	60
3.1.3.2.2.1	Grano suelto	60
3.1.3.2.2.2	Esfericidad y Redondez de los agregados granulares	61
3.1.3.3	Elaboración de los bloques de hormigón	64
3.1.3.3.1	Método Manual: Uso de Molde Metálico (Cantera Guido Mogueta)	64
3.1.3.3.1.1	Materiales usados	64
3.1.3.3.1.2	Procedimiento de elaboración	65
3.1.3.3.1.3	Dosificaciones y cálculos realizados	66
3.1.3.3.2	Método Semiautomático: Uso de Máquina Bloquera Ponedora (Bloquera del Sindicato de trabajadores Viales de Catamarca)	68



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



3.1.3.3.2.1	Materiales usados	68
3.1.3.3.2.2	Procedimiento de elaboración	69
3.1.3.3.2.3	Dosificaciones y cálculos realizados	71
3.1.3.4	Ensayo de compresión de los bloques de hormigón	72
3.1.3.4.1	Equipo de trabajo	72
3.1.3.4.2	Procedimiento	72
3.1.3.4.3	Cálculos	74
3.1.3.5	Método de Cubicación	75
CAPÍTULO IV – RESULTADOS		80
4.1	GEOLÓGIA DEL ÁREA DE ESTUDIO	81
4.2	GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	81
4.3	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DEPÓSITOS MUESTREADOS	82
4.3.1	UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LOS DEPÓSITOS	82
4.3.1.1	ÁREA N°1	88
4.3.1.1.1	Barján N°1	88
4.3.1.1.2	Barján N°4	89
4.3.1.2	ÁREA N°2	90
4.3.1.2.1	Depósito RLJ-002	90
4.3.1.3	ÁREA N° 3	91
4.3.1.3.1	Depósito P.A.N. N°4	91
4.3.1.3.2	Depósito P.A.S. N°1	94
4.3.2	CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS Y SEDIMENTOLÓGICAS	96
4.3.2.1	Depósito Barján N°1	96
4.3.2.2	Deposito Barján N°4	97
4.3.2.3	Depósito RLJ-002	98
4.3.2.4	Depósito P.A.N. N°4	99
4.3.2.5	Deposito P.A.S. N°1	100
4.3.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-QUÍMICAS	104
4.4	ENSAYOS DE COMPRESIÓN	106
4.5	CUBICACIÓN	108
CAPÍTULO V – CONSIDERACIONES FINALES		109
5.1	CONCLUSIONES	110
5.2	RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA		112
6.1	PUBLICACIONES, INFORMES REGLAMENTOS Y SITIOS WEB VISITADOS	113
ANEXO TABLAS		118
ANEXO MAPAS		130



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a la Morena Virgen del Valle y los santos por iluminar y guiar mis pasos, por poner en mi camino a personas que han servido de soporte emocional e intelectual, y finalmente por permitirme llegar a este momento.

A mi familia, en especial a mis padres que, con su constante apoyo, dedicación y amor incondicional, ha hecho de mí una mujer de fuertes valores, íntegra y perseverante en la lucha por alcanzar sus metas. A mis hermanos, demás familiares y en especial a mi pareja por su comprensión, paciencia y afecto.

Agradezco a las autoridades de la Secretaría de Estado de Minería de Catamarca, al Ing. Rodolfo Micone y al Ing. Juan Guerrero Velásquez por el apoyo técnico y financiero, durante el periodo contemplado para desarrollar el presente trabajo.

A mi directora de trabajo final Lic. Trinidad Vergara, por ser la guía profesional que sirvió de ayuda en la elaboración y finalización del informe; y a mi asesor docente Lic. Ítalo Francile por su apoyo incondicional. Ambos fielmente predispuestos a mis dudas y requerimientos. Gracias por su acompañamiento durante este proceso.

A la Lic. María José Gutiérrez por ser siempre una amiga predispuesta y colaboradora para con todo; a Marcos Astorga, Mario y Roco, personal de la SEM, por su gran ayuda, asistencia en las visitas de campo y toma de muestras. A Gustavo Morales por su aporte técnico en la confección de la cartografía requerida.

Al personal del Laboratorio de Vialidad de la provincia de Catamarca, de la Bloquera del Sindicato de Vialidad y del laboratorio de la empresa Guido Mogueta, por su asesoramiento y apoyo técnico en la realización de los ensayos físicos-mecánicos, elaboración de los bloques de hormigón y ensayos de compresión realizados, en especial a Darío, Mónica y al Lic. Ricardo Rojas por servir de guía y respaldo permanente.

Al profesor Lic. Furque Rafael por permitirme hacer uso de las instalaciones e instrumentos del Laboratorio de Mineralogía y Petrología de la Facultad de Tecnología y Cs. Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, y por su asistencia profesional durante la realización de los ensayos de grano suelto y reconocimiento sedimentológico.

Al laboratorio de Loma Negra por la realización de los ensayos de Índices de Actividad Puzolánica y análisis químicos de las muestras enviadas.

A todos los profesores de la UNCa, por brindarme los conocimientos necesarios que sirvieron de base para mi desarrollo profesional.

A mis “amigos” y compañeros de la carrera por las horas de estudio, los momentos, las experiencias vividas y las charlas, en algunos casos sin sentido, desempeñadas fuera y dentro de extensas horas de estudio. A todos mis amigos de la vida por darme siempre la fuerza, el ánimo y el cariño para seguir adelante.

Finalmente, al Dip. Prov. Sergio Saracho por brindarme la confianza y el tiempo necesario para desarrollar y finalizar el presente trabajo de manera serena. Eternamente agradecida.

A veces la vida nos depara retos difíciles de resolver y cuando creemos que no podemos lograrlo una voz suave y cariñosa susurra: “Seguí a adelante hija, vos podés lograr todo lo que te propongas en la vida porque sos capaz...” ¡Mamá, te amo inmensamente!

A mi familia, GRACIAS por su cariño y apoyo constante...

¡¡Mi logro personal es para ustedes!!!



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a los seres que con sacrificio me enseñaron a valorar el trabajo, a ser perseverante y dedicada, quienes con mucho esfuerzo posibilitaron en primeras instancias mis estudios y por sobre todo creyeron en mí. A las personas que conforman los pilares fundamentales de mi vida, Mis queridos Padres, María Isabel Vaquet y Ricardo Isidro Figueroa quienes con amor me dieron las fuerzas necesarias para finalizar mis estudios.

A mis hermanos Romina, Martín, Fernanda, Virginia y Facundo, a mis sobrinos Luz Martina, Juan Martín y a mi ángel Lucianita, por ser mis amigos incondicionales. También a mis cuñados Jimena y Alexis, a mis abuelos, tíos/as y primos/as, los quiero mucho.

A mi pareja. Gracias por ser la compañía y por estar en el banco de la paciencia a lo largo de este camino, por ayudarme a llevar mis derrotas, frustraciones, y disfrutar mis triunfos y alegrías. Gracias por estar presente y motivarme en aquellos momentos donde la holgazanería pasaba de visita.

A mis amigos de la vida, en especial a Marta Alvares y familia, por ser el apoyo incondicional, la palabra de cariño y aliento, y por estar presente siempre.

A mis compañeros de estudio y amigos de geología, en especial a Ítalo, Majo, Jazmín, Wanda, Gonzalo, Chayle, Jessy, Dalma y Alan, personas que siempre llevo conmigo.

A los docentes de primaria y universitarios que ayudaron a mi formación ética y profesional.

A mis compañeros de trabajo, principalmente a aquellos que hicieron posible con su empatía y colaboración a que este trabajo sea una realidad.

A todos los que formaron parte de mi vida y estuvieron a mi lado de mil maneras, les digo GRACIAS por ayudarme a concretar este maravilloso SUEÑO.

María Noé Figueroa.



RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado con el objetivo de dar cumplimiento a lo establecido en el Plan de Estudios 2004 de la carrera Licenciatura en Geología, de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca (UNCA) para obtener el título de Licenciado en Geología.

La provincia de Catamarca presenta una gran actividad productiva sobre depósitos no metalíferos de diversas características y aplicaciones, siendo uno de los más importantes, la explotación y/o producción de materiales áridos en canteras, los cuales se utilizan como materia prima en la industria de la construcción, cementera, del hormigón y el asfalto.

El presente trabajo basa su desarrollo en reconocer, evaluar y cubicar los depósitos de granulado pómez presente en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, Dpto. Tinogasta, para determinar su aptitud como árido especial para fabricar bloques de hormigón, útiles para construir tabiques y paredes.

Para desarrollar las actividades descritas en las distintas etapas del presente estudio, se contó con la colaboración técnica y financiera de la Secretaría de Estado de Minería (SEM). Las cuales iniciaron con el reconocimiento geológico del área donde yace el granulado pómez, seguido del examen de una serie de muestras representativas tomadas al azar en diferentes afloramientos naturales presentes en la zona sobre las cuales se realizaron cálculos de cubicación del recurso y determinación de reservas disponibles, análisis químicos, índice de actividad puzolánica, ensayos físicos-mecánicos y de grano suelto. Finalmente, para constatar la aptitud del material como árido, se fabricaron bloques de hormigón de medidas estándar cuyas dosificaciones fueron planteadas respetando una baja relación costo/beneficio, y su resistencia mecánica se comprobó mediante ensayos de prueba industrial.

Con este estudio se logró dilucidar que el granulado pómez, debido a su baja densidad, fue transportado y arrastrado a través de barreras orográficas desde la zona del Campo de Piedra Pómez por acción del viento, hacia el noroeste del valle del Abaucán, provincia de Catamarca, donde se localizó formando depósitos dunarios o mantiformes, en mezclas variables con sedimentos clásticos.

El material analizado de los diferentes depósitos se clasificó como arena pómez mediana, pobremente graduada, con muy bajo contenido de partículas finas del tipo limos no plásticos. Dicha fracción granulométrica analizada visualmente mediante lupa corresponde a material piroclástico del tipo Cenizas Muy Gruesas a Medias, con poco porcentaje en peso equivalente a la fracción Lapilli Fina.

Analizando las características físicas obtenidas a partir de diferentes ensayos de laboratorio realizados se concluye que el material granulado pómez, resulta ser un óptimo agregado pétreo útil para elaborar bloques de hormigón especial. La producción de estos bloques, demanda mínimos gastos de inversión en maquinaria y supone mejoras bioclimáticas de aislamiento acústico, térmico y de piroresistencia, aumentando el nivel de confort a la vivienda en general, en relación a la realizada con los prefabricados de áridos comunes.

Palabras claves: granulado pómez, árido liviano, bloques de hormigón.



CAPÍTULO I – GENERALIDADES



1.1 INTRODUCCIÓN

El Granulado Pómez, presente en la zona de estudio, conforma una serie de depósitos incoherentes, de origen volcánico-sedimentario, arrastrados desde el sector norte de la provincia de Catamarca por acción eólica. Estos sedimentos corresponden a depósitos de color gris muy claro a amarillentos, de baja densidad, conformados por partículas de forma redondeada, que poseen un alto contenido en sílice por lo que se clasifican como puzolanas naturales. El material en conjunto, además de ser inerte, atómico, anti sonoro, una vez expandido, puede utilizarse en la industria de la construcción para elaborar bloques huecos livianos, materiales filtrantes, sustancias aislantes y finalmente, cemento.

Los materiales prefabricados de concreto o bloques huecos estructurales, usualmente utilizados en sistemas de mampostería simples o estructurales para elaborar muros simples o divisorios, bardas perimetrales, muros estructurales, muros de contención etc., se realizan a partir de una mezcla de granza/arena, cemento y agua. Son de color gris claro y presentan una superficie de textura fina y elevada resistencia a la compresión.

El granulado pómez puede utilizarse para elaborar las mismas unidades de mampostería, con mejores características de acuerdo a sus óptimas propiedades físicas-químicas, las cuales, en conjunto, proporcionan una mejor relación costo/rendimiento del producto final. Es una excelente elección al momento de planificar y construir edificaciones económicas, resistentes y de bajo peso, con lo que se obtiene una serie de ventajas, como reducir las cargas muertas de una estructura permitiendo disminuir las dimensiones en la cimentación, posibilitando la construcción edilicia en suelos de baja capacidad y ahorro en el coste de la obra en general.

Algunos departamentos de la provincia de Catamarca, más precisamente los del noroeste, presentan altos costos en materia prima para construcción y una disminuida proporción de insumos de gas natural, electricidad, leña, carbón, considerados entre otros de importancia para mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona debido a las condiciones climáticas presentes. Asimismo, existe una creciente demanda habitacional, que requieren adecuadas características bioclimáticas. Situaciones que han llevado al Gobierno de la provincia a realizar investigaciones sobre los diversos depósitos naturales, donde sus características físicas y/o químicas que ayuden a suplir dichas falencias.

El presente estudio aporta datos geotécnicos de los depósitos presentes en el área de estudio y permite calcular dosificaciones apropiadas para elaborar bloques huecos no portantes de medida estándar (15x20x40 cm).

En la República Argentina no hay reglamentos estandarizados que enfatizan el uso del granulado pómez como árido útil para elaborar unidades de mampostería, y en nuestra provincia la información acerca de las características y distribución de este tipo de depósitos, es escasa, por lo que se espera que el presente trabajo sirva como antecedente y brinde información geológica minera de base, de utilidad para la comuna en general y organismos públicos o privados interesados en promover el aprovechamiento de los recursos volcánicos ubicados en la zona de estudio.

El presente Seminario se encuentra organizado en los siguientes Capítulos:



En el **Capítulo I: Generalidades**, se sintetiza la exposición general del tema planteado exponiendo el problema, justificación e importancia de la investigación, los objetivos, localización y características generales del área de estudio.

En el **Capítulo II: Marco Teórico**, se resumen los antecedentes de estudios desarrollados en el área y zonas aledañas, y se sintetiza la fundamentación teórica básica para desarrollar la estructura del presente estudio.

En el **Capítulo III: Metodología**, se define el diseño metodológico que se utilizó como guía en la elaboración del trabajo, el cual se estructura en tres etapas: *Primera Etapa*, “Análisis de antecedentes en gabinete”; *Segunda Etapa*, “Relevamientos de campo”, y *Tercera Etapa*, “Trabajos de gabinete y laboratorio”. En este capítulo se evalúa información geológica y geomorfológica de la zona de estudio para diseñar un plan de muestreo. Se define puntos de muestreos y se describe el procedimiento metodológico desempeñado para realizar la toma de muestras y el adecuado envío de las mismas al laboratorio, así como también de los diferentes ensayos ejecutados para determinar las características físicas-mecánicas y químicas, y la determinación de los volúmenes de las reservas y recursos del material disponible en el área.

En el **Capítulo IV: Resultados**, se desarrolla el análisis e interpretación de toda la información obtenida en el presente informe.

En el **Capítulo V: Consideraciones Finales**, se enuncian las conclusiones y recomendaciones, que surgieron a partir de los resultados obtenidos.

Material Bibliográfico y Anexos, contiene toda la fuente de información bibliográfica citada y la consultada en el presente informe, útil para la redacción del mismo. Mientras que, en Anexos, se incluye todos los documentos, tablas, gráficos y figuras no involucradas en el texto, pero que se consideran como información complementaria al estudio realizado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVOS GENERALES

Reconocer, evaluar y cubicar, según criterios geológicos-mineros, los depósitos de granulado pómez ubicados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, Dpto. Tinogasta, provincia de Catamarca, en base a mapeo, muestreo y análisis de ensayos físicos-químicos del material sedimentario volcánico, para determinar su aptitud en la fabricación de bloques huecos de hormigón.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar antecedentes geológicos, mineros y de aplicaciones industriales de los granulados pómez.
- Elaborar cartografía geomorfológica de detalle a escala 1:80.000 mediante la interpretación visual utilizando imágenes satelitales tomadas a partir del software libre Google Earth.
- Seleccionar áreas de interés para la realización de estudio de detalle.



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”

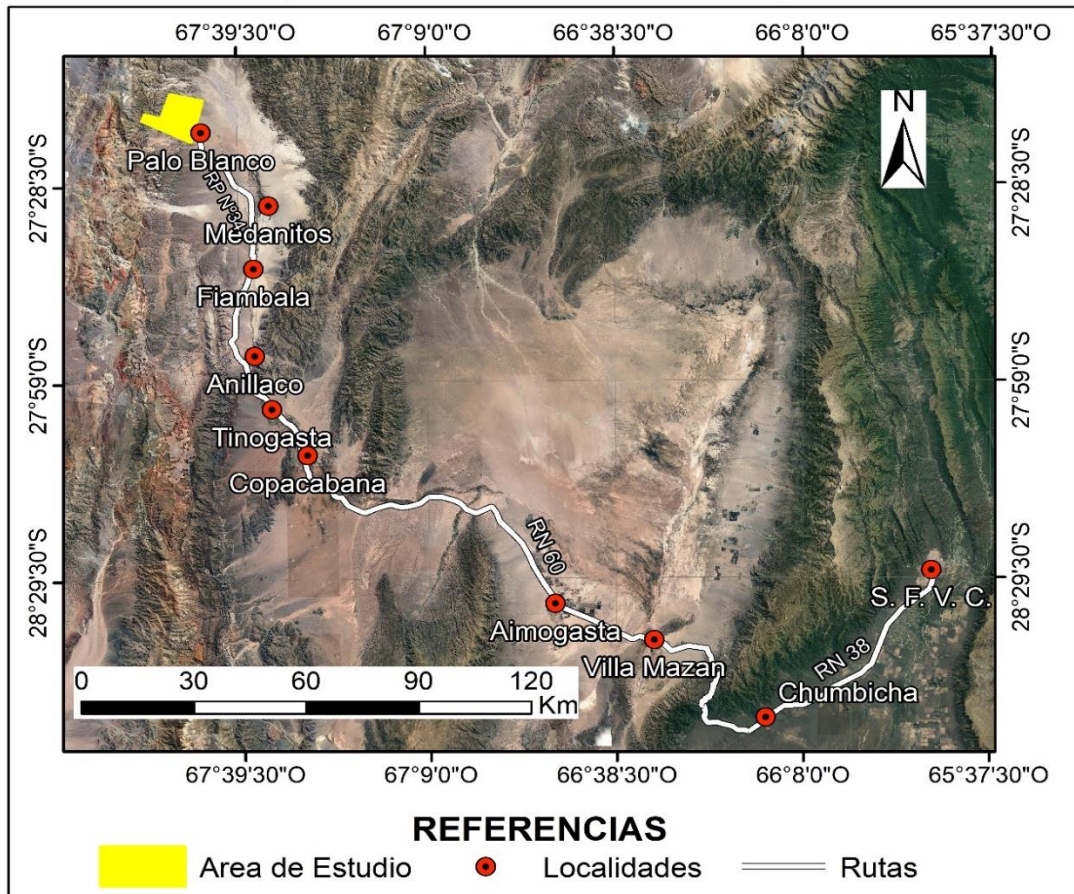


- Realizar muestreo sedimentológico.
- Determinar aptitud mecánica del material recolectado mediante ensayos físicos de resistencia y análisis granulométrico.
- Determinar calidad del recurso mediante análisis químicos y ensayos de grano suelto.
- Cubicar el recurso.
- Analizar e interpretar en forma exhaustiva e integral las tareas realizadas en campo y laboratorio.
- Elaborar el informe final.

1.3 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio dista aproximadamente 368 km de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. Para acceder a la misma se parte desde la ciudad Capital a través de la RN 38, pasando por la Quebrada de la Cébila hasta empalmar con RN 60, por la que se continúa hasta la localidad de Fiambalá. A partir de allí se recorren unos 42 km aproximadamente hacia el Norte en línea recta por RP N° 34 hasta llegar a la localidad de Palo Blanco (Imagen N° 1), desde donde se puede acceder en dirección Noroeste a los diversos depósitos a través de huellas precarias que conectan a la misma.

MAPA DE UBICACIÓN



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

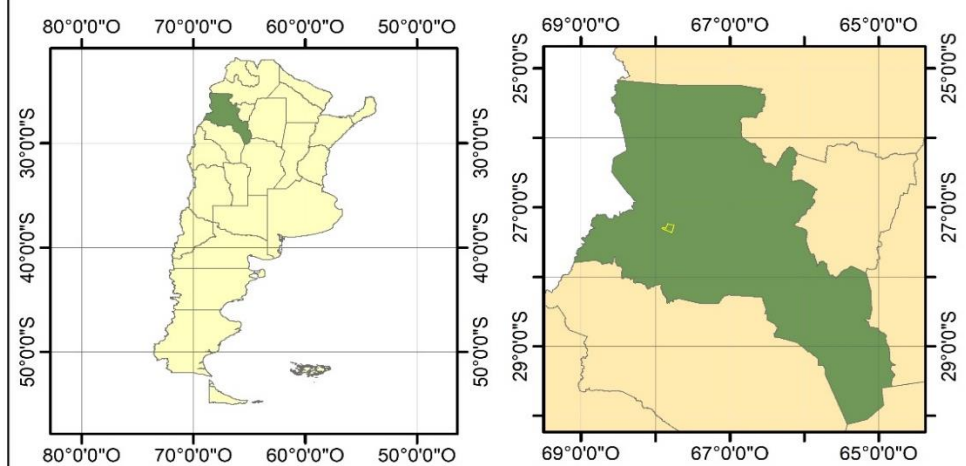


Imagen N° 1 – Mapas de ubicación y vías de acceso al área de estudio. Imagen tomada de Google Earth Pro.

La zona de estudio se encuentra ubicada en el faldeo oriental de la sierra Las Planchadas, hacia el sector Oeste de la localidad de Palo Blanco, entre las coordenadas generales 27°14'15" - 27°21'60" de latitud Sur y 67°54'65" - 67°45'10" de longitud Oeste del departamento Tinogasta (Imagen N°2).

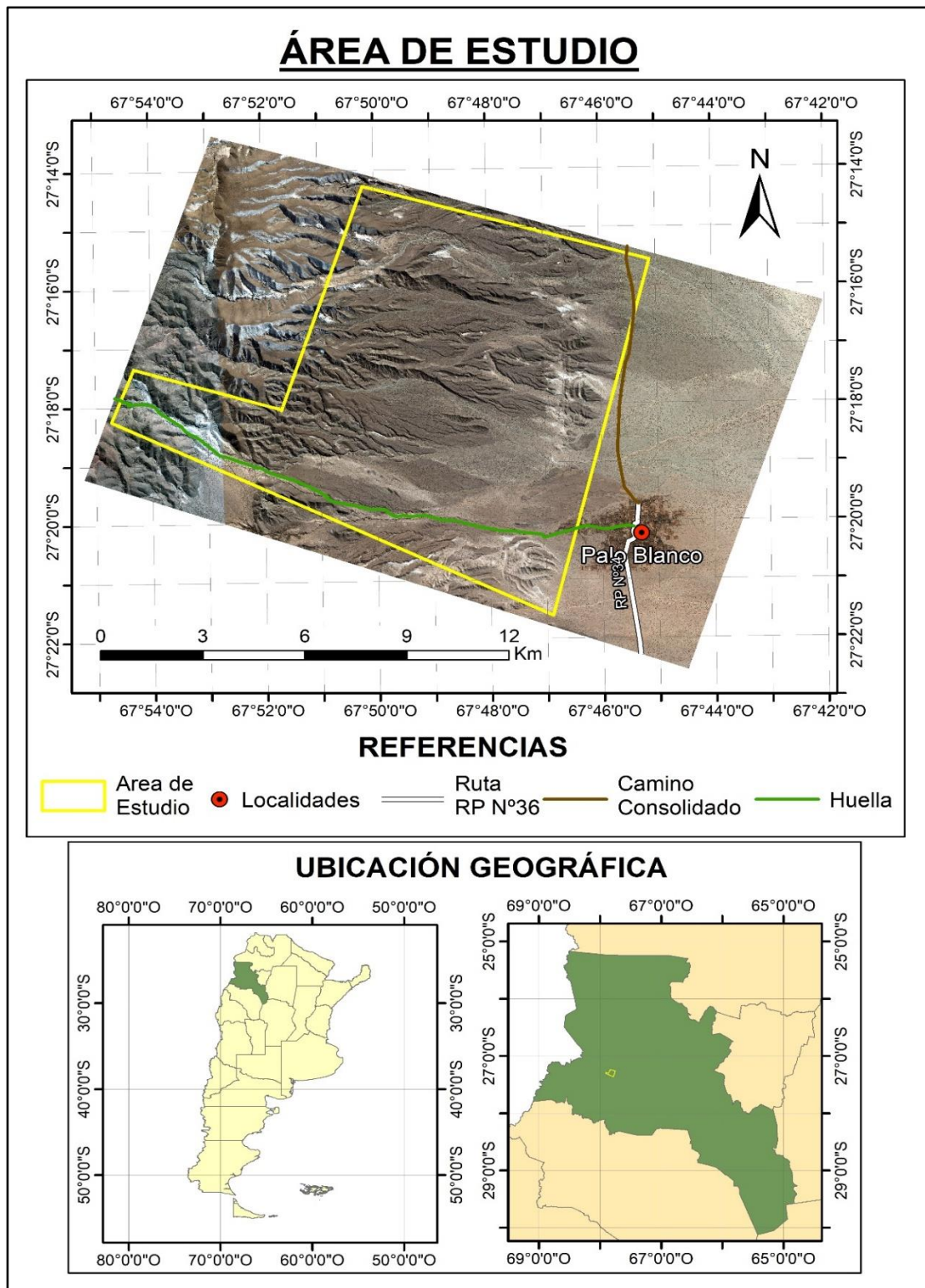


Imagen N° 2 - Delimitación en detalle del área de estudio. Imagen tomada de Google Earth Pro.

1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.4.1 MARCO GEOGRÁFICO

1.4.1.1 OROGRAFÍA

Los sistemas orográficos que limitan el área de estudio son los que delimitan el sector Norte de la cuenca hidrogeológica del Valle del Abaucán. El área de estudio se encuentra limitada hacia el Oeste borde oriental del Sistema de Famatina, integrado por los cordones serranos de sierra de Narvéz (Sur) y sierra de las Planchadas (Norte). Las principales cumbres del Sistema Cerro Negro de Rodríguez - sierra de Narvéz son los llamados Filo el Calvario, Filo de las Tipillas y El Iruchal. Mientras que las cumbres de las sierras Las Planchadas son los cerros Palca (5.277 msnm), Colorado y Ojos de San Antonio (4.663 msnm).

Al Norte y al Este del área de estudio, se encuentran el sistema orogénico de Sierras Pampeanas Noroccidentales, donde se individualizan la sierra de Fiambalá y el borde sur de la Cordillera de San Buenaventura. Esta última, compone un rasgo orográfico relevante en el área ya que es considerado el límite sur de la Puna Austral (Imagen N° 3).



Imagen N° 3 – Representación de los sistemas orográficos que se encuentran emplazados en el departamento Tinogasta, Provincia de Catamarca. (<http://geografiacatamarca.blogspot.com/>, 2019)

1.4.1.2 HIDROGRAFÍA

En términos generales, el área de estudio se encuentra situada al Noroeste de la cuenca del río Abaucán, dentro del “Bolsón de Fiambalá”, que conforma un valle que cubre una superficie del orden de los 2.000 km², que cuenta con una importante red hidrográfica de torrentes de caudales en general temporarios, cuyos lechos profundos se alimentan principalmente de los deshielos y descienden entre las barrancas escarpadas de las altas cumbres del extremo



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



septentrional del Sistema de Famatina, de la cordillera de San Buenaventura y de Sierras Pampeanas septentrionales confluyendo al cauce principal de aguas permanentes llamado río Abaucán, que se integra:

... por el Norte, de la confluencia de los ríos Chuquisaca o Diamante, La Ciénaga y Antinaco nace el río Fiambalá (cuenca alta del río Abaucán), que a su vez recibe el aporte, por su margen izquierdo de tributarios de poco caudal, pero con régimen permanente y variable de los llamados ríos Mesada de Zárate y Aguas Negras (este último formado por la confluencia de los ríos San Buenaventura, Quebrada de Gaspar, río Las Papas y Los Mogotes, a la altura de Punta del Agua). Cerca de la localidad de Palo Blanco recibe aporte de cauces que nacen en las Planchadas de la sierra de Narváez, de vertientes y escaso caudal, por lo que se aprovechan sus aguas levantándolas por canales para riego y agua potable en la localidad de Palo Blanco, llamados ríos La Cañada (formado por la confluencia de los ríos Ampato o Ampacho y Las Lechuzas) y Ranchillo (que aumenta su caudal gracias al aporte de aguas del río Colorado). Al Sur de dicha localidad baja cruzando la ruta un río de cauce seco también llamado río Colorado, que transporta aguas solo en épocas de abundante precipitación, y además de cinco brazos de un cono de deyección y otros sin nombre que son solo afluentes temporarios. Finalmente, bajando a los Nacimientos, al Norte de la localidad de Medanitos, el río Grande o Tatón que está formado por afluentes de los ríos Piedra Larga, La Ciénaga y Tolar, recibe aguas de los ríos Aguas del Médano y el arroyo seco del río De Abajo antes de formar un solo cauce y correr sin interrupción estacional con el nombre único de río Fiambalá. Este último, continúa con su nombre hasta la localidad de Fiambalá, donde recibe las aguas del río Chaschuil-Guanchín, el cual nace en la región del Paso de San Francisco y drena el extenso valle de Chaschuil. Allí cambia su nombre a río Abaucán, recibiendo finalmente aguas de los ríos Tamberías y La Troya, los cuales se consideran como los afluentes más importantes de la cuenca por presentarse como flujos de agua permanente (Imagen N°4) (Varela, 2012).

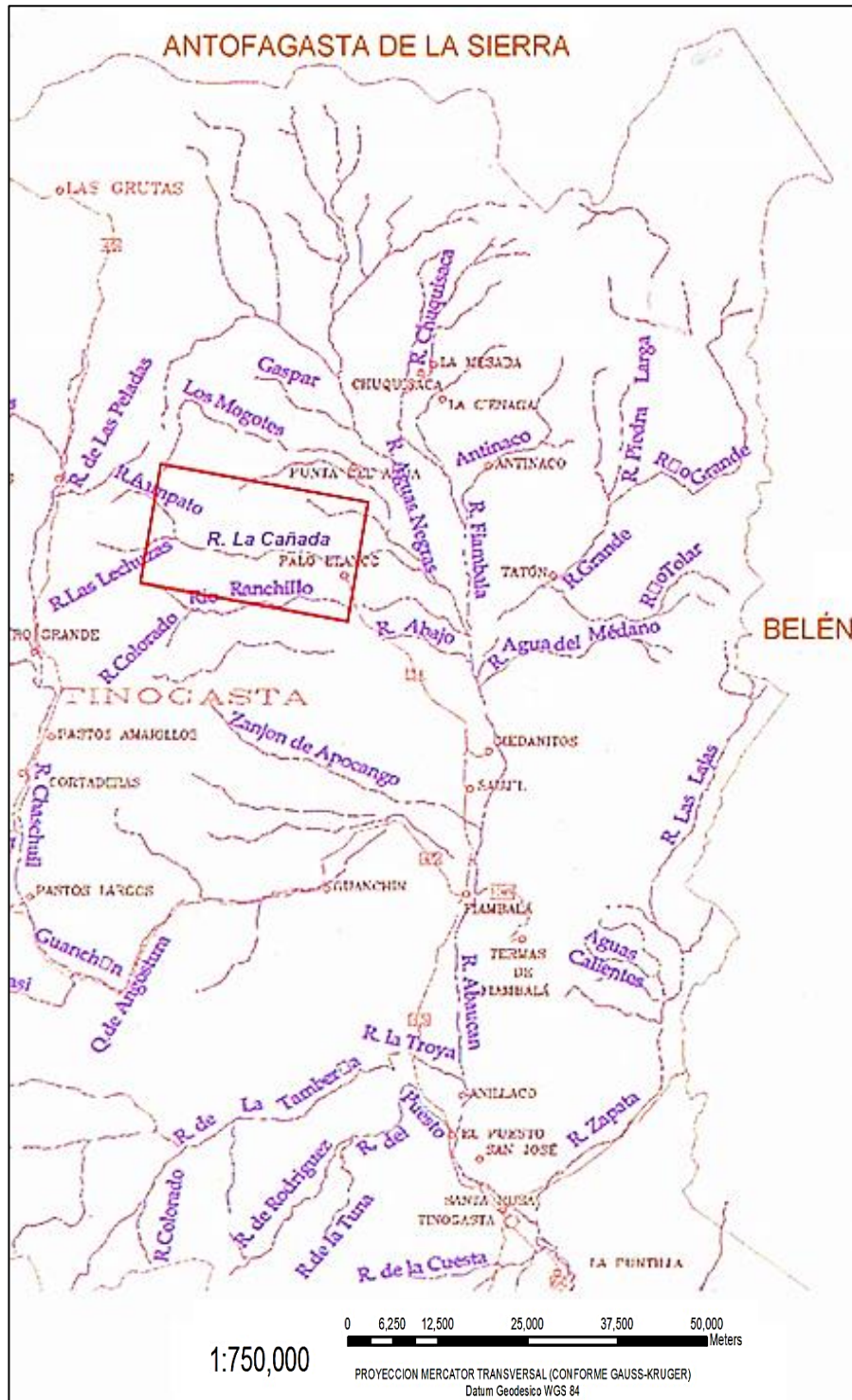


Imagen N° 4 – Hidrogeología circundante al área de estudio (Varela, Lobo & Alves, 2008).

1.4.1.3 CLIMA

Tineo (2018) señala que: “el clima del valle del Abaucán es templado, cálido, continental, semiárido, de baja pluviometría con precipitaciones que no superan los 150 mm anuales en las localidades de Fiambalá y Tinogasta”. Hacia el Norte de la cuenca se presenta como Árido Andino Puneño, mientras que en su sector centro-Sur prevalece el Árido de Sierras y



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



Bolsones. Esto hace más árida la región por lo que se observan en general montañas con escasa vegetación, arenales, desiertos llanos de poca extensión y médanos que cubren casi la totalidad de las faldas de las sierras, como sucede en Fiambalá y Tatón.

Las lluvias se producen en época estival, también hay fuerte insolación anual, frecuentes vientos desecantes y baja humedad atmosférica que ocasiona elevada evapotranspiración y consecuentemente un importante déficit hídrico. Una particularidad de la estación invernal es que prevalece un viento caliente y seco llamado Zonda, el cual procede de la cordillera con velocidades que oscilan entre 70 a 80 Km/h, caracterizándose por ser un viento fuerte, cargado de sedimentos de tamaño que varían desde limo-arcilla a arena mediana.

1.4.1.4 BIOMAS: FLORA Y FAUNA

El clima y las características del relieve de la zona de estudio, determinan el desarrollo de vegetación típica de bioma denominado Arbustal del Monte, mientras que hacia el Oeste de Fiambalá, se desarrollan los biomas Estepa Arbustiva Puneña y Estepa Graminosa Altoandina, dentro de las Ecorregiones del Monte, Prepuna y Puna.

La vegetación se caracteriza “por un arbustal bastante abierto compuesto por especies como la jarilla (*Larrea cuneifolia*, *Larrea divaricata*), jarilla macho (*Zuccagnia punctata*), ala de loro (*Monttea aphylla*), pichanilla (*Senna aphylla*), retama o retamo (*Bulnesia retama*), etc., acompañadas por diversas especies herbáceas [...]. En zonas cercanas a cursos de agua es posible encontrar bosques de algarrobo (*Prosopis flexuosa*, *Prosopis chilensis*)” (Foto N°1).

La fauna típica del área está representada “por mamíferos como el ututuco u oculo (*Ctenomys fulvus*), el zorro gris (*Pseudalopex griseus*) y el puma (*Puma concolor*) [...]. Entre las aves encontramos al suri (*Rhea americana*) y otras especies como el jote de cabeza colorada (*Cathartes aura*), el loro barranquero (*Cyanoliseus patagonus*)” (Foto N° 2) (Palmieri, Carma, & A., 2009).

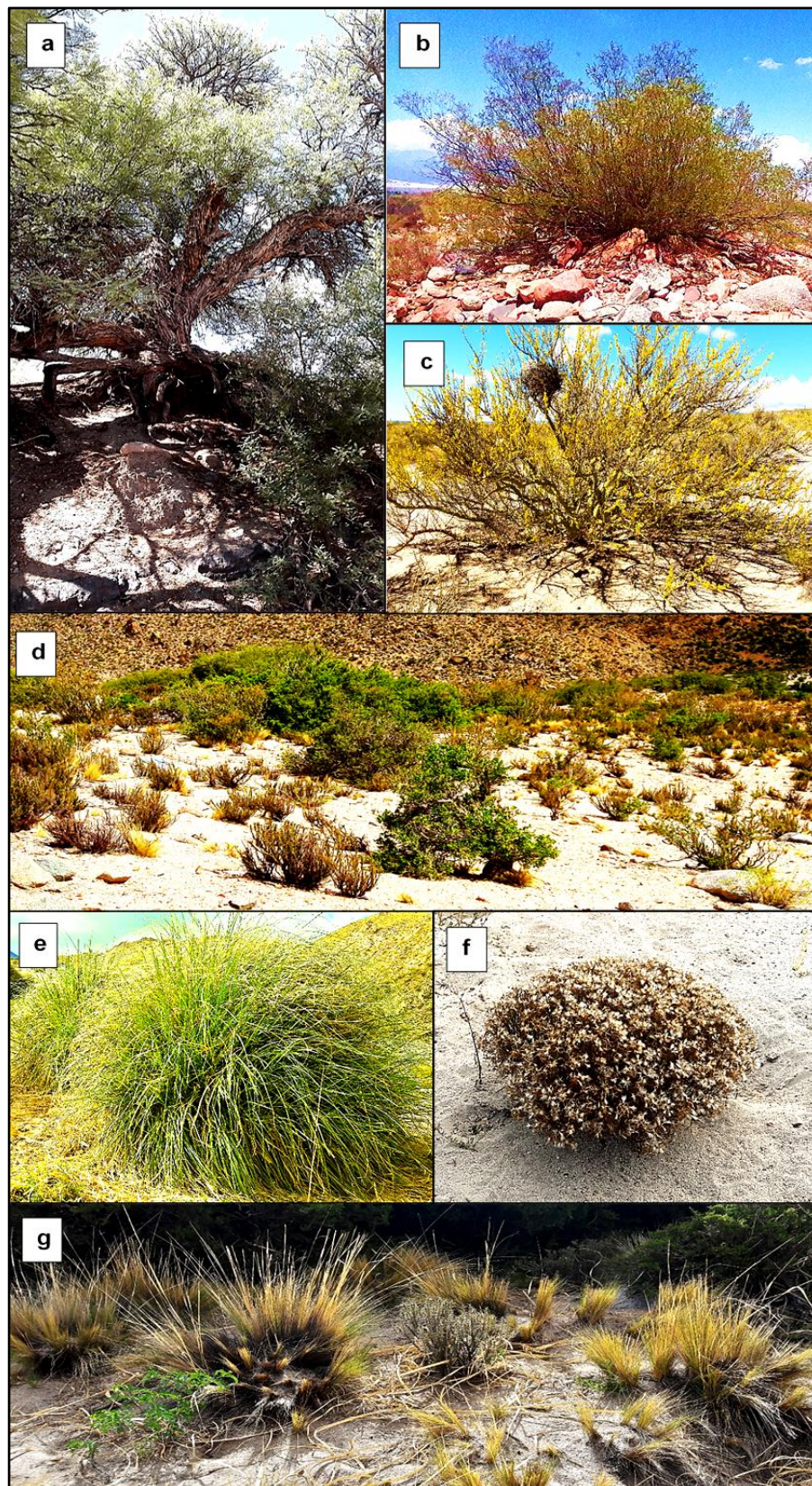


Foto N° 1 – (a) Espécimen alto de algarrobo *Prosopis nigra*. (b) *Larrea cuneifolia* Cav o Jarilla macho. (c) espécimen de brea. (d)y(e) Plantas arbustivas bajas y especies rastreras de fisionomía tipo estepa arbustiva Pastizales típicos de Prepuna y Puna. (f) *Nassauvia axillaris* (Lag. ex Lindl.) o Uña de gato.

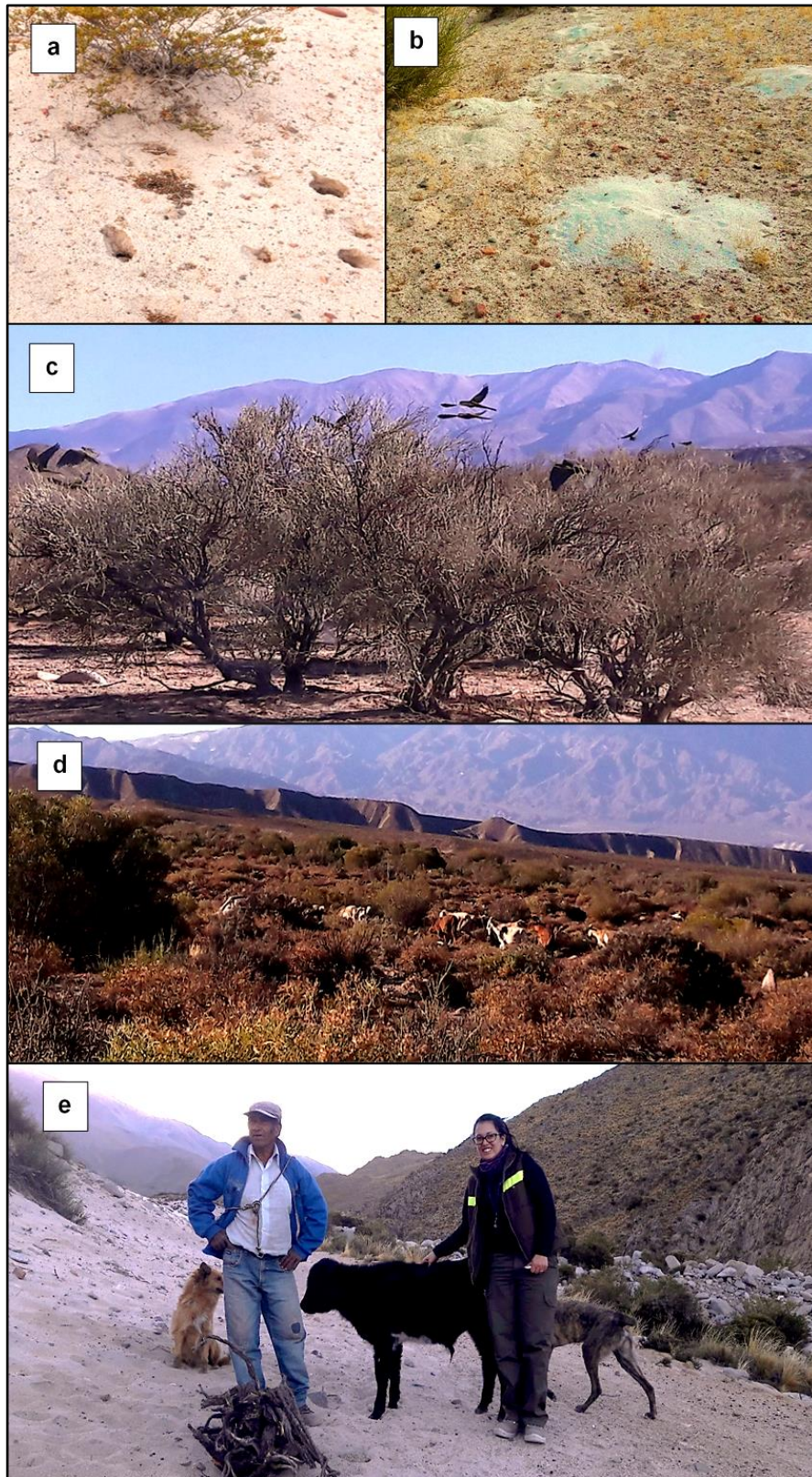


Foto N° 2 - (a),(b) Huecos de cuis chico, mara y/o tucutuco u oculto, en algunos sectores dejan evidencia en superficie del material analizado en cuestión. (c) Loros barranqueros arribando a árboles de pequeño porte del tipo Mata sebo (o Leña de los loros). (d), (e) Rebaños de caprinos y bovinos sueltos, algunos de ellos criados por pobladores de la zona, encontrados camino a la Toma de agua de los ríos Ampato-Lechuzas que conforman el río La Cañada.

1.4.1.5 CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS

Los puestos en las zonas de sierra alta son escasos, y la gran mayoría del área se encuentra inhabitada debido a que las condiciones de extrema aridez imposibilitan el arraigo de poblaciones e industrias en la misma (Foto N° 3).

Las poblaciones estables radicadas al pie de las sierras o cerca de los torrentes de aguas superficiales, principalmente en torno al curso del río Abaucán, son: la localidad de Fiambalá, Saujil, Medanitos, Palo Blanco, Tatón, Anillaco, Mesada de los Zárate, Antinaco. Las mismas se dedican fundamentalmente al cultivo de vides, nogales y olivos, así como a la cría extensiva de ganado bovino, caprino y de llamas, principalmente en las zonas de río Grande (Tatón), La Ciénaga, La Mesada y Palo Blanco.

La minería es otro importante recurso natural del valle. Se identifican mineralizaciones de cobre (Cu) en las minas Los Aparejos y Lampaya; de plomo y bario (Pb-Ba), en el distrito Narvárez Norte; depósitos de estaño- wolframio (SnW) con plomo-zinc (Pb-Zn), plomo-cobre-uranio (Pb-Cu-U) presentes en el distrito minero del granito Los Ratones. Otras minas son: la mina Buena Suerte (W), mina Los Ratones (Pb-Zn), mina Pachamama (Pb-Cu) y aguas termales como Las Termas de Fiambalá. Con respecto a los minerales industriales, se destacan las minas de asbesto, Santa Rosa y Santa Julia, asociados a fajas de rocas ultrabásicas metamorizadas, que además presentan potencial como rocas ornamentales. También hay yacimientos de moscovita asociados a cuerpos pegmatíticos en la sierra de Fiambalá (minas La Esperanza y La Talquina).



Foto N° 3 - (a) y (b) Puestos abandonados y en deterioro localizados al costado a la huella que permite el acceso a la zona de la Toma de agua de los ríos Ampato y Las Lechuza, hacia el oeste de la localidad de Palo Blanco.



1.4.2 MARCO GEOLÓGICO

1.4.2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El área de trabajo se encuentra ubicada dentro de la unidad morfoestructural de Sierras Pampeanas Noroccidentales, pero se ve influenciada además por el sistema de Famatina, que se ubica al oeste del área de estudio. Las Sierras Pampeanas Noroccidentales, se extienden sobre el borde oriental y norte del bolsón de Fiambalá (Camino 1979b) y se caracterizan por la presencia de bloques de metamorfitas precámbricas-paleozoicas que forman los cordones serranos basculados hacia el Oeste, debido a la presencia de fallas inversas de alto ángulo que cortan su falda occidental. Rellenando los valles intramontanos, se depositan potentes secuencias sedimentarias continentales cenozoicas.

El Sistema de Famatina, queda representado por las serranías que limitan el borde occidental del Valle del Abaucán. El sector norte del mismo, se caracteriza por un núcleo compuesto por basamento de leptometamorfitas, secuencias volcano-sedimentarias eopaleozoicas, granitoides ordovícicos, cubiertos por sedimentitas neopaleozoicas (Pérmicas, Fm La Cuesta) y diferenciadas sedimentitas cenozoicas. Las ubicadas al Este, forman un sinclinal asimétrico, cuya vertiente occidental es de pocos centenares de metros, mientras que la oriental es más potente debido a sobre-corrimientos con vergencia al Este (faja plegada y corrida del bolsón de Fiambalá formando un frente orogénico). La estructura que levanta, por el Oeste, el bloque de Famatina a lo largo del valle de Chaschuil, es un retro corrimiento con vergencia al Oeste. En parte se trata de una falla inversa que levanta los granitos famatinianos y unidades ordovícicas sobre sedimentitas cenozoicas.

1.4.2.2 ESTRATIGRAFÍA

1.4.2.2.1 PROTEROZOICO

1.4.2.2.1.1 FORMACIÓN FAMABALASTO (MIGMATITAS, GNEISES Y METAGRANITOS)

Los afloramientos de esta unidad se observan en la sierra de Fiambalá y continúan al Noroeste en la cordillera de San Buenaventura y en un sector de la sierra de Palca. Litológicamente, se conforma de rocas metamórficas que han sufrido una inyección sílico-feldespática que varía desde venas cuarzosas aisladas hasta una impregnación mayor con la consiguiente formación de migmatitas graníticas. Las metamorfitas de grado medio a alto, están representadas por una litología heterogénea que incluye migmatitas, migmatitas esquistas, esquistos inyectados *lit-par-lit* y gneises de ojos. El grado metamórfico aumenta de oeste a este, alcanzando migmatización y anatexis (González Bonorino, 1972). En lo que a mineralogía refiere, esencialmente está compuesta por cuarzo, feldespatos y micas, que cuando la biotita es abundante, oscurece el color de las rocas. La variedad de las texturas, acusa la complejidad de los procesos de migmatización.

1.4.2.2.2 CENOZOICO: TERCIARIO (NEÓGENO), PLIOCENO



1.4.2.2.2.1 FORMACIÓN GUANCHÍN (ARENISCAS CONGLOMERÁDICAS, ARCOSAS Y TUFÍTAS)

Penck (1920) denomina a estos depósitos como "estratos araucanenses" y Turner (1967) le da nombre formacional a los depósitos predominantemente conglomerádicos. Reynolds (1990) y Villanueva et al. (1988) analizan las características de la sedimentación.

Esta unidad aflora en el borde occidental del bolsón de Fiambalá, en el faldeo oriental del sistema de Famatina, en los cerros Negros de Rodríguez, sierra de Narváez, Palca y Las Planchadas. Está formada por areniscas de color gris amarillento con abundante material piroclástico y en menor proporción conglomerados polimícticos, presenta bancos tobáceos de color blanco de hasta 1 m de espesor con muy buena continuidad lateral. Las areniscas son friables a menudo conglomerádicas, arcósicas, con pequeños rodados de rocas volcánicas, friables, lo que sumado a su composición heterogénea origina un paisaje de bad-lands. En su sección inferior, se compone de areniscas medianas a gruesas, sabulitas pardas líticas, mal seleccionadas, en capas tabulares irregulares (0,3-1 m), con intercalaciones de tefras blancas y conglomerados medianos y finos, con rodados subredondeados en capas lenticulares o groseramente tabulares, irregulares. El contenido de bloques y guijones subangulosos crece hacia el tercio superior donde alcanzan el 20%. En el tope, la sucesión sedimentaria se hace grano decreciente.

La sucesión muestra un aumento en la participación y textura de los conglomerados hacia el Oeste, siendo estos, de variada composición (meta-sedimentitas, vulcanitas, granitos rosados, etc.), redondez y tamaño. Un rasgo estructural característico es que la misma muestra suaves plegamientos a diferencia de los depósitos sedimentarios subyacentes.

1.4.2.2.3 NEÓGENO – CUATERNARIO: PLIOCENO - PLEISTOCENO

1.4.2.2.3.1 RODADOS DE LA PUNA (CONGLOMERADOS POLIMÍCTICOS)

Penck (1920) denomina Punaschotter (Rodados de la Puna) a esta unidad litológica, que considera como parte superior de lo que denomina "Estratos de La Puna". Esta unidad aflora en el borde occidental del bolsón de Fiambalá, en el borde oriental del Sistema de Famatina (cerros Negros de Rodríguez, sierra de Narváez, La Palca y Las Planchadas). Corresponde a una secuencia conglomerádica polimíctica, donde los clastos y bloques angulosos, de andesitas, dacitas, granitos, areniscas y pelitas provenientes de unidades paleozoicas, están pobremente consolidados con matriz areno-limosa de color pardo. Presenta plegamientos muy suaves, que cubren en discordancia a las formaciones cenozoicas más antiguas. Junto con los depósitos de la Formación Guanchín constituye una unidad geomorfológica pedimentada. Se considera a estos depósitos como originados por abanicos aluviales, como respuesta sedimentaria a la fase Diaguita.

1.4.2.2.4 CUATERNARIO

1.4.2.2.4.1 DEPÓSITOS ALUVIALES PEDEMONTANOS ANTIGUOS

Corresponden al primer nivel de agradación sedimentaria que se distribuye en el bolsón de Fiambalá, están compuestos por conglomerados, gravas y arenas.



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



1.4.2.2.4.2 DEPÓSITOS ALUVIALES PEDEMONTANOS MODERNOS

Se trata de depósitos continentales del bolsón de Fiambalá asociados al sistema de drenaje activo y a taludes (escombros de falda), incluidos conos aluviales, depósitos de corriente de barro, depósitos de playa, etc., conformados por conglomerados, arenas y gravas.

1.4.2.2.4.3 DEPÓSITOS ALUVIO-COLUVIALES

Estos depósitos ocupan las partes bajas de las depresiones y están compuestos por rodados de gravas inmersos en una matriz arenosa friable.

1.4.2.2.4.4 DEPÓSITOS EÓLICOS

Conforman extensos depósitos de arenas, cenizas y pómez transportadas por el viento, así como también potentes depósitos de dunas de arena que dan el aspecto de “glaciares de arena” (Penck, 1920).



CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO



2.1 ANTECEDENTES

El Valle del Abaucan en toda su extensión ha sido objeto de estudio desde hace muchos años debido a contexto tectónico, geográfico y geológico así como también por su hidrografía y características de degradación y evolución del relieve. Como antecedente de la zona de estudio se encuentran las descripciones geológicas de la Hoja 14d “Tinogasta” (Socic, 1972) y de la Hoja 13c “Fiambalá” (González Bonorino, 1972). Hasta la actualidad no se encuentra publicada la Hoja geológica 2769 IV-III de Fiambalá que abarca la zona del presente trabajo, existe un informe inédito y cartografía elaborada por Rubiolo (2001), donde define la estratigrafía, tectónica, historia geológica, geomorfología, recursos minerales y puntos de interés geológico del Noroeste de la provincia de Catamarca y Norte de la Rioja. Además, se consultaron diversos informes como: “Estilo eruptivo y dinámica de flujo de las corrientes de densidad piroclásticas asociadas a la gran erupción del Cerro Blanco, Puna Austral” (Báez y otros, 2017) para interpretar la dinámica, génesis y emplazamiento del material acumulado en los depósitos del área. Del “Informe Estratigrafía, Neotectónica y Geomorfología del Pleistoceno Pedemontano entre los Ríos Diamante y Mendoza, Provincia de Mendoza” (Polanski, 1962) y del libro “Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la Región del NOA” (Schalamuk, Fernandez, & Etcheverry, 1983) se formuló la definición de granulado pómez utilizada en el presente y características de importancia de los mismos.

Sin embargo, trabajos de detalle desarrollados en el área de estudio sobre el material de granulado pómez, son escasos. Durante el año 2003, la SEM, realizó estudios técnico-económicos sobre depósitos granulado pómez presentes en Palo Blanco, Tinogasta, donde se sintetizan características de importancia de los depósitos ubicados dentro del área.

2.2 BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1 PUZOLANAS. DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y USOS

En Europa, se utiliza la definición de puzolanas citada por Massaza, en el 5^{to} Congreso Internacional de la Química del Cemento del año 1974, para definir “a aquellos materiales naturales o artificiales, ricos en sílice y aluminio, capaces de reaccionar *con cal en presencia de agua y formar por esta reacción compuestos con propiedades cementicias.*”

Dicho de otra manera, se consideran como puzolanas a materiales carentes de propiedades cementicias y de actividad hidráulica por sí solos, pero que contienen constituyentes que se combinan con cal a temperaturas ordinarias y en presencia de agua, dan lugar a compuestos permanentemente insolubles y estables, que se comportan como conglomerantes hidráulicos.

Se clasifican según su Origen en Naturales y Artificiales (Gráfico N°2). Las primeras proceden principalmente de rocas piroclásticas silíceas o sedimentos sílico-aluminosos, de diferentes grados de litificación o estratificación, que pueden ser de origen puramente Mineral¹

¹ Producto de transformación del polvo, cenizas volcánicas, pómez, tobas, escorias y obsidiana, ricos en vidrio volcánico que se generan por el enfriamiento brusco de la lava.

u Orgánico². Mientras que las Artificiales, deben su condición puzolánica a un tratamiento térmico adecuado. El uso de las mismas para elaborar hormigón, ofrece las siguientes ventajas:

- Mayor defensa frente a los sulfatos y cloruros.
- Mayor resistencia frente al agua de mar.
- Aumento de la impermeabilidad ante la reducción de grietas en el fraguado.
- Reducción del calor de Hidratación.
- Incremento en la resistencia a la compresión (resistencia mecánica).
- Incrementa la resistencia del acero a la corrosión.
- Aumenta la resistencia a la abrasión.
- Aumento en la durabilidad del cemento y la mezcla resultante.
- Disminuye la necesidad de agua.
- Disminuye los costos de producción.
- Es útil para elaborar concreto usado en obras sometidas a constante agua.

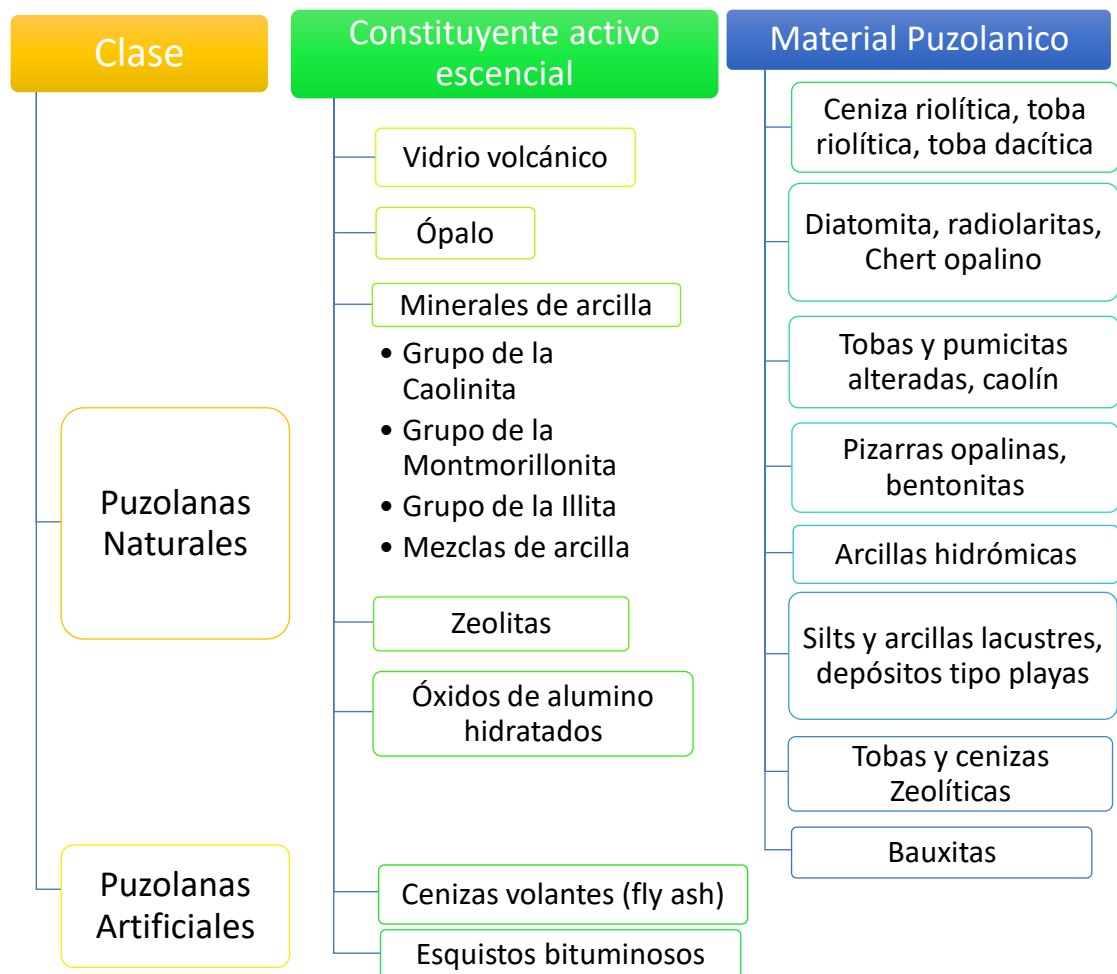


Gráfico N° 1 - Clasificación de puzolanas según su origen. (Mella Stappung, 2004)

² Son rocas sedimentarias abundantes en sílice hidratada y formadas en yacimientos o depósitos que en su origen fueron submarinos, por acumulación de esqueletos y caparzones silíceas de animales o plantas (algas diatomeas)



2.2.1.1 PIEDRA PÓMEZ. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Es una roca ígnea volcánica tipo ígnea, químicamente compuesta por trióxido de sílice y trióxido de aluminio, entre otros componentes (71% de SiO₂, 12.8% de Al₂O₃, 1.75% de Fe₂O₃, 1.36% de CaO, 3.23% de Na₂O, 3.83% de K₂, 3.88% de H₂O). Se genera a partir de una erupción volcánica, por enfriamiento muy rápido de un magma de alta viscosidad, por lo que presenta partículas vítreas de naturaleza ácida (SiO₂ > 50%) y una gran cantidad de poros diminutos, que le proporcionan bajo peso unitario (de 350 a 800 Kg /m³), condición por la que flota en el agua. Tiene dureza de 5 a 6, medida en la escala de Mohs, y su color es de blanco grisáceo a ceniza o amarillento.

Esta puede ser fragmentada, transportada y depositada a distancias variables, dependiendo de su densidad, tolera una amplia variabilidad de procesos, para formar en última instancia depósitos Piroclásticos o Volcaniclásticos³. Siendo el origen de este último, netamente volcánico explosivo sujeto además a acción de procesos sedimentarios, por lo que en conjunto es de origen mixto.

Se puede correlacionar el tamaño de clastos sedimentarios con fragmentos piroclásticos según la nomenclatura definida en la Tabla N°1. Donde los clastos sedimentarios son clasificados según Udden (1914; modificada por Wentworth en 1922) como arcilla, limo, arena, gránulo, guija, guijarro y bloques. Mientras que los piroclásticos/volcaniclásticos, usan la escala de Wentworth & William (1932; modificada por Fisher, 1961; Schmid, 1981; Sohn & Cough, 1989; White & Houghton, 2006 y Cas et al., 2008), para definir los tamaños de ceniza, lapilli, bloques y bombas.

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Clase de tamaño Epiclástico (Esquema de Udden-Wentworth)		Clase de tamaño Piroclástico (Primario sin-eruptivo resedimentado) (Cas et al., 2008)	Clase de tamaño Volcaniclástico Primario (Murcia et al., 2013)
2048	Muy grande	Bloque	Bomba (completa o parcialmente fundida durante su formación) o Bloque (sólido durante su formación)	Bloque / Bomba grueso
1024	Grande			
512	Medio			
258	Pequeño			
128	Grande	Guijarro	Lapilli Grueso	Bloque / Bomba Medio
54	Pequeño			
32	Muy grueso	Guija	Lapilli Medio	Bloque / Bomba Fino
16	Grueso		Lapilli Fino	
8	Medio		Lapilli Muy Fino	
4	Fino	Gránulo	Lapilli Extremadamente Fino	Lapilli Medio
2	Muy Fino			

³ Depósito que incluye el espectro entero de materiales clásticos compuestos en parte o enteramente por fragmentos volcánicos, generados por algún mecanismo de formación de partículas (p. ej. explosiones magmáticas, interacción agua-magma, meteorización y erosión de rocas preexistente), transportados por algún proceso, depositados en algún ambiente fisiográfico y/o mezclados con algún otro tipo de fragmento no volcánico (Fisher y Smith, 1991). Que una vez depositado genera grandes acumulaciones detrítico-volcánicas, que pueden presentar desarrollo de texturas clásticas típicas de rocas sedimentarias, como consecuencia de la acción de remoción y re-trabajo de agentes exógenos (viento, agua, etc.). Fisher (1966).

1	Muy grueso	Arena		Ceniza Gruesa	Ceniza Muy Gruesa
0.5	Grueso				Ceniza Gruesa
0.25	Medio				Ceniza Media
0.125	Fino				Ceniza Fina
0.063	Muy Fino	Limo	Lodo	Ceniza Fina	Ceniza Extremadamente Fina
0.031	Grueso				
0.016	Medio				
0.008	Fino				
0.004	Muy Fino				
< 0.002		Arcilla			

Tabla N° 1 - Equivalencia granulométrica y tamaño estándar entre clastos sedimentarios y fragmentos piroclásticos. (Murcia, y otros, (2013))

La pómez ha sido utilizada desde la antigüedad con diversos fines, desde elemento abrasivo bajo a medio útil en la industria cosmetológica, odontológica, civil y/o monumental, útil para realizar estucos, esgrafiados, bajorrelieves, incluso para pulir superficies metálicas. Hasta árido para la construcción debido a que, por ser un material poroso y ligero, conforma la materia prima ideal para elaborar muros de excelente aislación térmica e ignífuga. Además, su porosidad le permite múltiples usos como filtrante en procesos de elaboración industrial y es un gran complemento para el suelo y la agricultura, debido a que provee aireación y al mismo tiempo retiene el agua permitiendo a las plantas permanecer verdes y saludables por periodos más prolongados.

2.2.1.2 GRANULADO PÓMEZ. DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

Se define como Granulado (o Lapilli) de Pómez (también llamado “Miembro Pumíceo Granular” o “Granulado Volcánico”), a todos aquellos depósitos pumíceos sueltos de granulometría parcialmente seleccionada, que pueden estar estratificados y se encuentran proyectados sobre el relieve en forma de lluvia de pómez (ash fall). Sus características y aplicaciones se detallan en la tabla siguiente (Tabla N°2):

Características del Granulado Pómez	
Tipo de Depósito	Friable, liviano y poroso, fácil para la extracción. Pueden mostrar secuencias sedimentarias cíclicas de materiales gruesos a finos, de tamaños que van desde la fracción arena gruesa (en una proporción > 80%) y gravilla o lapilli de pómez (solo 2-3%). El resto cae entre arena mediana y fina de pómez (muy escasa).
Densidad en el Aire	Oscila entre 0.581 gr/cm ³ y 0.659 gr/cm ³ .
Color	Blanco
Potencia de Manto	Variada



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



Mineralógica	Como principal constituyente, presenta el vidrio volcánico ácido, sumamente vesicular, o pómez esponjosa y liviana. Los lapillis de pómez, constituyen alrededor del 95 % en peso. Entre los elementos livianos presenta plagioclasa ácida del tipo oligoclasa, en fragmentos de cristales, feldespato potásico y contados granos de cuarzo; mientras que solo las biotitas y algunos opacos, son los representantes máficos presentes. Lo que imprime características y relaciones de procedencia de lava ácida al material.
Origen	Es producto de desintegración explosiva de una nube ardiente en el aire y gases de alta temperatura, lo cual genera los fragmentos de pómez y vidrio volcánico vesicular. Llega a la superficie en forma de lluvia de lapilli y arena, con velocidades de sedimentación diferencial, debido al tamaño de los granos, siendo los primeros en caer los gruesos y los finos al final. Su sedimentación es por acción del aire, que lo aporta desde la zona parental.
Usos	Se explota en muchas canteras para fabricación de bloques livianos usados para la construcción de viviendas y galpones, tejas, tubos, etc.

Tabla N° 2 - Características del Granulado Pómez. (Polanski, 1962).

El término “Granulado Pómez”, fue introducido por Dastini y Bassi (1947), para diferenciar a depósitos piroclásticos pumíceos que cubrían secuencias volcánicas paleo-pleistocénicas, llamadas Asociación Piroclástica Pumíceas, en diversas zonas de Mendoza. González Bonorino (1944) en Malargüe, estudia y describe las mismas secuencias como ignimbritas. Posteriormente Polanski (1954), en zonas aledañas al río Diamante (extremo septentrional del Bloque de San Rafael) y en la cuenca del río Seco de las Peñas, encuentra y describe pequeños asomos de este material, definiéndolas como una secuencia de materiales volcánicos pumíceos, de arenas y cenizas volcánicas, blanquecinas o rosada, puros o re-depositados e entremezclados con arena y limo formando tufitas, que se intercalan con niveles sedimentarios finos, depositados directamente por aporte aéreo sobre secuencias volcánicas pre-pleistocenas. Dastini y Bassi (1947), a continuación, definen características mineralógicas y mineras en la zona estudiada por Polanski en 1962.

2.2.1.3 ARENA PÓMEZ

Tiene las mismas características mineralógicas que el granulado pómez, pero su granulometría no exhibe tamaños mayores a 4 cm, siendo frecuente la fracción de arena fina (70 %), con una ínfima participación de partículas de limos. Puede presentarse en colores rosados a rojo y blancos o amarillentos, tonalidad atribuida a meteorización de la biotita. Mineralógicamente aparte de vidrio volcánico, pueden presentar coexistiendo, pequeños fragmentos de rocas extrañas alteradas y trozos de pómez (de hasta 5 cm de diámetro). Se producen por sedimentación eólica, definiendo curvas acumulativas, por lo general atípicas.

2.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO

2.2.2.1 ANÁLISIS MECÁNICO DE MATERIALES GRANULARES



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



El análisis granulométrico tiene como fundamento establecer la distribución porcentual de peso respecto al total de las partículas que componen un material de suelo, mediante tamizado. Con esto se separan las diferentes fracciones por tamaño, usando una serie standard de tamices de aberturas descendentes, donde las partículas de menor tamaño pasan por los poros del mismo, atravesándolo y quedando retenidas las de mayor tamaño.

Los tamices empleados para este método son los establecidos por las Normas A.S.T.M. (American Society for Testing Materials), donde el número del tamiz indica el número de mallas por pulgada lineal que presenta la abertura de cada uno (Tabla N°3).

Las fracciones granulométricas Grava y Arena se apartan mediante el tamiz N°4, siendo las pasantes las Arenas. Estas a su vez se separan en Arenas Gruesas (retenidas en tamiz N° 10), Arena Media (retenidas en tamiz N°40) y Arenas Finas (retenidas en tamiz N°200). Pasantes de tamiz N° 200 se definen como Fracción Fina, compuesto por arenas Muy Finas, Limos y Arcillas, los cuales se separan mediante métodos de sedimentación. Las aberturas de los tamices N° 100 y N° 200, poseen una abertura tan fina que la sección obliga a recurrir al lavado con agua para asegurar el paso del suelo a través de ellas.

Tamiz Malla (ASTM)	Abertura (Nch) (mm.)	Abertura Real - IRAM (mm.)
3 "	80	76,12
2 "	50	59,80
1 1/2 "	40	38,10
1 "	25	25,40
3/4 "	20	19,50
3/8 "	10	9,52
N°4	5	4,76
N°8	2,5	2,4
N°10	2	2
N°16	1,5	1,2
N°20	0,90	0,84
N°30	0,85	0,85
N°40	0,50	0,42
N°50	0,30	0,297
N°60	0,30	0,297
N°100	0,15	0,150
N°140	0,10	0,105
N°200	0,08	0,075

Tabla N° 3 - Tabla de numeración y abertura de tamices de los tamaños IRAM. (Trabajos Prácticos de Mecánica de Suelos. Catedra de Mecánica de Suelos. UNCa., 2007)

Una vez finalizado el proceso de tamizado, los retenidos en cada malla se pesan, y se calculan los porcentajes que representa cada uno de ellos respecto al peso total de la muestra (porcentajes pasante acumulado). El valor de los % en peso de las partículas se coloca en las ordenadas y en las abscisas, en escala logarítmica, la amplitud de tamaños de los tamices que retienen dichos porcentajes, como resultado se obtiene la Curva Granulométrica de



porcentajes. La forma que toma la misma proporciona una idea de la uniformidad y distribución granulométrica del suelo, con lo que se deduce uniformidad de tamaños cuando resulta ser una línea vertical (100% de sus partículas en peso, corresponde a un solo tamaño), mientras un suelo con heterogeneidad de tamaños se representa como una “s”.

Una medida simple de Uniformidad de un suelo, propuesta por Allen Hazen, es el Coeficiente de Uniformidad, donde D_{60} representa el tamaño tal que el 60% en peso del suelo sea igual o menor y D_{10} , llamado diámetro efectivo, es el tamaño tal que el 10% en peso del suelo sea igual o menor. Se determina con la expresión que se detalla a continuación, donde suelos con $C_u < 3$ se consideran muy uniformes, parámetro que decrece cuando la uniformidad aumenta.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Complementariamente se determina el Coeficiente de Curvatura para definir la uniformidad, relación que toma un valor entre 1 y 3 en suelos bien graduados. Y se define, con la expresión que se detalla a continuación:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

Los valores D_{30} , D_{60} y D_{10} se determinan leyendo el diámetro de las aberturas según los tamices N°30, N°60 y N°10, de la curva granulométrica.

Otro valor que se obtiene a partir del análisis granulométrico es el Módulo de Finura definido como un valor numérico que mide la fineza que tiene el agregado. Mientras menor sea este valor más fino será el agregado. Se calcula dividiendo por 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices de la serie IRAM N° 100, N°50, N°40, N°16, N°8, N°4, 3/8”, 3/4”, 1 1/2”, 3”. Este parámetro, que no tiene unidad definida, sirve para caracterizar las arenas dividiéndolas en Gruesa, mediana y fina. Resultando:

- Arena Fina: $M_f < 2$
- Arena Media: $2 < M_f < 2,6$
- Arena Gruesa: $M_f > 2,6$

2.2.2.2 ESTADOS DE CONSISTENCIA O LÍMITES DE ATTERBERG

Cuando un suelo o material sedimentario, que presenta un grado de cohesión, es mezclado con agua, muestra un cambio en su grado de consistencia de acuerdo al contenido de agua que posea, manifestando propiedades correspondientes al estado Líquido (características de fluido viscoso), Plástico (suelo capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse), Semisólido (suelo con apariencia de un sólido, que presenta disminución en volumen si se sigue secando) y Sólido (suelo que no muestra variación de volumen con el secado). Estos contenidos de agua se determinan mediante ensayos de laboratorio, llamados Límites de Consistencia o Límites de Atterberg, cuyos valores dan una idea del tipo de suelo y sus propiedades mecánicas, los mismos se definen a continuación:



- **Límite Líquido (WL).** Contenido de humedad en % de peso de suelo seco, existente en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo. Corresponde al contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo alcancen a cerrarse sin mezclarse mediante el impacto de 25 golpes o menos, del Casagrande.
- **Límite Plástico (WP).** Contenido de humedad en % de peso de suelo seco, existente en el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo. Corresponde al contenido de humedad para el cual la pasta de suelo comienza a fracturarse cuando es amasado en pequeñas barras cilíndricas ($\varnothing 3\text{mm}$), haciéndolo rodar entre un dedo de la mano y una superficie lisa.
- **Índice de Plasticidad (IP).** Corresponde a la diferencia de humedad entre el límite líquido y límite plástico, que define el entorno plástico del suelo.

Se debe tener presente que cuando se realiza el ensayo sobre suelos que no tienen plasticidad, pero si límite líquido, se determina metodológicamente el límite líquido y se indica que su IP = 0.

2.2.2.3 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.

Este sistema de Clasificación de Suelos es usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas constituyentes de un suelo, usando un símbolo formado por dos letras mayúsculas, donde la primera indica el tipo de suelo y la segunda una propiedad cuyo significado se especifica en la siguiente tabla (Tabla N°4). La metodología para clasificar un suelo deriva del ensayo granulométrico y sigue el procedimiento descrito en el Anexo (Tabla N°1).

PRIMERA LETRA		SEGUNDA LETRA	
Símbolo	Definición	Letra	Definición
G	Grava	P	Pobrementemente Graduado (Tamaños de partículas uniformes)
S	Arena	W	Bien Graduado (Tamaños de partículas variados)
M	Limo	H	Alta Plasticidad
C	Arcilla	L	Baja Plasticidad
O	Orgánico	Pt	Turba

Tabla N° 4 – Símbolos usados por la para clasificar un suelo según la Clasificación SUCS. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, 2018)

Mediante este sistema de clasificación se tienen 2 grandes grupos de suelos:

Suelos Gruesos: formados por Gravas o suelos donde predominan (G), más del 50% de su fracción gruesa (retenida en el tamiz N° 200) no pasa el tamiz N° 4; en caso contrario, se tienen Arenas o suelos arenosos (S). De acuerdo a sus características se diferencian en:

- **Grupos GW y SW.** Suelos bien graduados y con pocos finos o limpios por completo, donde su presencia no debe producir cambios apreciables en las características de resistencia de la fracción gruesa, ni interferir con su capacidad de drenaje. Para considerar una grava



bien graduada se exige que su *coeficiente de uniformidad sea mayor que 4*, mientras que el *de curvatura debe estar comprendido entre 1 y 3*. En el caso de las arenas bien graduadas, el *coeficiente de uniformidad será mayor que 6* en tanto el *de curvatura debe estar entre los mismos límites anteriores*.

- **Grupos GP y SP.** Suelos mal graduados. Son de apariencia uniforme que presentan predominio de un tamaño o de un margen de tamaños, faltando algunos intermedios. Estos deben satisfacer los requisitos señalados para los dos grupos anteriores, en lo referente al contenido de partículas finas, *pero no cumplen los requisitos de graduación para su consideración como bien graduados*. Dentro de esos grupos están comprendidas las gravas uniformes tales como las que se depositan en los lechos de los ríos, las arenas uniformes de médanos y playas; como así también las mezclas de gravas y arenas finas provenientes de estratos diferentes obtenidas durante un proceso de excavación.
- **Grupos GM y SM.** Suelos donde el contenido de finos afecta las características de resistencia, esfuerzo-deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa. El porcentaje de finos es superior al 12% en peso y su plasticidad varía entre “nula” y “media”, por lo que fracción que pase la malla N° 40, debe tener límites de plasticidad que lo localicen debajo de la línea A o que su IP sea menor que 4.
- **Grupos GC y SC.** Suelos cuyo contenido de finos es mayor que 12% en peso, con media a alta plasticidad, por lo que la fracción que pase la malla N° 40 se ubica sobre la línea A de la carta de plasticidad y su IP es mayor que 7.
- **Casos de frontera.** Son suelos gruesos con contenido de finos comprendido entre 5% y 12%, en peso por lo que se les adjudica un símbolo doble. Por ejemplo, un símbolo GP-GC indica una grava mal graduada, con un contenido entre 5% y 12% de finos plásticos (arcillosos).

Suelos Finos: corresponden a Limos inorgánicos (**M**), Arcilla inorgánica (C) o Limos y arcillas orgánicas (**O**). Los valores de WL e IP (Anexo - Tabla N°1) se usan para diferenciar suelos de Alta Compresibilidad con un $WL > 50$ (grupos MH, CH y OH), de los de Baja o Media Compresibilidad, que tienen un $WL < 50$ (grupos ML, CL y OL). Sus características se resumen a continuación:

- **Grupos CL y CH.** Corresponde a las arcillas inorgánicas. El grupo CL comprende a la zona por encima de la línea A, definida por $WL < 50\%$ e $IP > 7\%$. El grupo CH corresponde a la zona arriba de la línea A, definida por $WL > 50\%$. Las arcillas formadas por descomposición química de cenizas volcánicas, tales como la bentonita, con límites líquidos de hasta 500%, se encuentran en el grupo CH.
- **Grupos ML y MH.** En estos grupos quedan comprendidos los limos típicos inorgánicos y limos arcillosos. El grupo ML corresponde a la zona bajo la línea A, definida por $WL < 50\%$ y la porción sobre la línea A con $IP < 4$. El grupo MH corresponde a la zona debajo de la línea A, definida por $WL > 50\%$. Los tipos comunes de limos inorgánicos y polvo de roca, con $WL < 30\%$, se localizan en el grupo ML. Los depósitos eólicos del tipo loees, con $25\% < WL < 35\%$ usualmente, caen también en este grupo.
- **Casos fronteros:** en algunas ocasiones estas arcillas caen en casos frontera ML-CL y MH-CH, dada su proximidad con dicha línea. Los suelos finos que caen sobre la línea A y con $4\% < IP < 7\%$ se consideran como casos de frontera, asignándoles símbolo doble CL- ML.



2.2.2.4 EQUIVALENTE DE ARENA

La expresión “equivalente de arena” se apoya en la idea de que los suelos en general son mezclas en proporciones variables de partículas gruesas o arenas, que mejoran su calidad, y partículas finas o arcillosas, responsables en mayor o menor grado de su mal comportamiento. Por lo tanto, es importante tratar de determinar su proporción, ya que pueden afectar negativamente la resistencia y durabilidad del hormigón. Con este parámetro se obtiene un índice representativo de la proporción y características de los finos (arcillas, impurezas, etc.), y la cantidad de arena que contiene un suelo granular o un árido fino (a mayor porcentaje, mayor cantidad de arena y menos finos).

El Ing. Hveem, propuso una rápida determinación de estos materiales, separando por medio de una solución química, el contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso, de los suelos o agregados finos, mediante un simple procedimiento y criterio empírico. Cuya interpretación define que una arena tiene excelente calidad cuando su equivalente es $> 90\%$. Para hormigón no se utilizarán áridos finos cuyo equivalente de arena determinado "a vista" sea < 75 (si es usado para realizar obras sometidas a clase general de exposición definidas en el Anexo (Tabla N°2) y < 80 , el resto de los casos.

2.2.2.5 PESO ESPECÍFICO APARENTE Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS FINOS

Peso específico aparente: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada a esa temperatura. El volumen incluye los poros impermeables del material.

Peso específico del agregado seco: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada estando el material en condición de saturado a superficie seca. El volumen incluye los vacíos permeables e impermeables del material.

Peso específico del agregado saturado: Es la relación entre el peso saturado a superficie seca de un volumen del material a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada. El volumen incluye los vacíos permeables o impermeables del material.

Absorción: Es el volumen de los vacíos permeables del material expresada en por cientos del peso en el aire del mismo secado en estufa a 105° - 110°C hasta constancia de peso.

Estos parámetros se determinan en laboratorio de Mecánica de Suelos sobre la fracción de material que pasa el tamiz IRAM N° 4, y son de medidas adimensionales, salvo la absorción que toma valores en porcentaje del peso seco del material.

2.2.3 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS

2.2.3.1 COMPORTAMIENTO PUZOLÁNICO

El comportamiento puzolánico o reacción puzolánica de un material aglomerante se define como su capacidad para reaccionar con el hidróxido de calcio para formar compuestos hidráulicos similares a los que se generan durante la hidratación del clinker del cemento, como

ser Silicatos Cálcidos Hidratados (CSH), Aluminatos Cálcidos Hidratados (CAH) y Sílico - Aluminatos Cálcidos Hidratados (CSAH).

Puzolana + Cal + Agua → Silicatos y Aluminatos de Calcio hidratados

Esta depende de la naturaleza y proporción de las fases activas presentes en la puzolana (composición mineralógica), de la relación cal-puzolana de la mezcla, de la finura (o superficie específica) de la puzolana y de la temperatura de la reacción.

2.2.4 PROPIEDADES MINERALÓGICAS

2.2.4.1 GRANO SUELTO

La técnica de grano suelto en laboratorio consiste en la preparación de láminas delgadas a partir de arenas, para poder analizar posteriormente mediante el uso de un Microscopio petrográfico de luz polarizada, características ópticas los minerales y/o asociaciones mineralógicas que presenten los agregados sueltos.

2.2.4.2 ESFERICIDAD Y REDONDEZ DE LA PARTÍCULA

Prescindiendo de la forma de las partículas de arcilla, Krumbrein y Sloss (1955) clasifican las partículas con forma granular, por su esfericidad (opuesta a la angularidad, por lo que una partícula angular será menos esférica o viceversa) y grado de redondez (estado de la superficie y aproximación de la misma a la geometría ideal de una esfera), mediante el análisis visual del material por medio de una lupa o microscopio y se realiza una estimación cuantitativa en función de la semejanza de los granos a las formas del ábaco representado en la Imagen N°5. La caracterización morfológica de las partículas es un factor importante debido a que se relaciona con el grado de compacidad de suelos granulares.

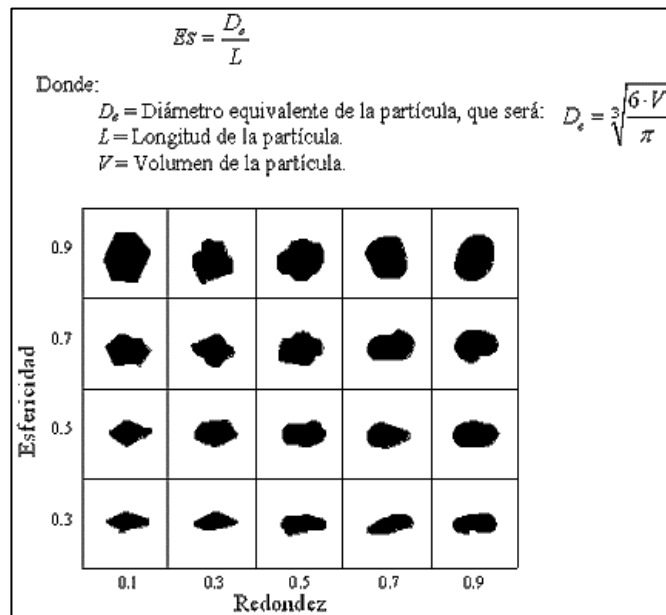


Imagen N° 5 - Abaco para evaluar las partículas de forma granular (Krumbein & Sloss, 1963).
 (Apuntesingenierocivil.blogspot.com, 2010)

2.2.5 REQUISITOS GENERALES PARA ELABORAR HORMIGONES SEGÚN EL REGLAMENTO CIRSOC 201

El agregado debe estar constituido por arenas naturales o por una mezcla de arenas naturales con arenas de trituración (partículas angulosas), en porcentajes no mayores al 30 %. Si debieran usarse arenas constituidas por conchillas, las mismas deben estar presentes en un contenido ≤ 30 % en masa.

La composición granulométrica se determinará mediante tamizado utilizando la serie de tamices de abertura cuadrada IRAM N°4, N°8, N°16, N°40, N°50 y N°100. Este material debe presentar una curva granulométrica de trazo continuo y sus porcentajes retenidos deben estar comprendidos dentro de los límites de granulometría entre A y B de la Tabla N°5. Además, su Módulo de Finura debe estar comprendido entre 2,3 o 3,1 (si este varía más del 0,20 debe ser rechazado o realizarse ajustes en las proporciones de la mezcla).

Tamices de mallas cuadradas IRAM 1501-2/ NM-ISO 565	Porcentaje máximo que pasa, en masa		
	Granulometría A	Granulometría B	Granulometría C
9,5 mm	100	100	100
4,75 mm	95	100	100
2,36 mm	80	100	100
1,18 mm	50	85	100
600 μm	25	60	95
300 μm	10	30	50
150 μm	2	10	10

Tabla N° 5 - Granulometrías del agregado fino. Estos porcentajes pueden reducirse en un 5 % si se usa un contenido de cemento en la mezcla ≥ 280 kg/m³ o a 0%, con un contenido unitario de cemento ≥ 300 kg/m³. (Machado & Parmigiani, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201, 2005)

Las sustancias que se consideran perjudiciales y afectan propiedades del hormigón, no deben exceder los límites que se indican en la Tabla N°6, expresadas en porcentajes de la masa total de la muestra. La sumatoria de porcentajes de los mismos deben ser ≤ 5 g/100 gr (para hormigones expuestos a la acción del desgaste) y de 7 g/100 gr (resto de los hormigones).

Sustancias nocivas	Unidad	Máximo Admisible	Método de Ensayo
Terrones de arcilla y partículas friables	g/100g	3,0	IRAM 1647
Finos que pasan el Tamiz IRAM 75 μm		3,0 5,0	IRAM 1540
<input type="checkbox"/> Hormigón expuesto a desgaste superficial <input type="checkbox"/> Otros hormigones			
Materias carbonosas		0,5 1,0	IRAM 1647
<input type="checkbox"/> Cuando es importante el aspecto superficial <input type="checkbox"/> Otros casos			
<input type="checkbox"/> Sulfatos solubles, expresados como SO ₃			
<input type="checkbox"/> Otras sales solubles		1,5	IRAM 1647
<input type="checkbox"/> Cloruros solubles	---	IRAM 1857	
<input type="checkbox"/> Otras sustancias perjudiciales	g/100g	2,0	IRAM 1649

Tabla N° 6 - Sustancias nocivas en el agregado fino. (Machado & Parmigiani, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201, 2005).

Otras sustancias que se consideran perjudiciales incluyen pizarras, micas, fragmentos blandos en escamas desmenuzables y partículas cubiertas por películas superficiales.

Los contenidos máximos de cloruros solubles en agua, aportados por todos los materiales componentes, incluyendo los aditivos y eventualmente adiciones minerales, deben ser iguales o menores que los límites fijados en la Tabla N°7. Y debe determinarse en un tiempo comprendido entre 28 y 45 días, utilizando el método de la norma IRAM 1857.

Hormigón	Condición de exposición en servicio	Contenidos máximos de ión cloruro (Cl-) en el hormigón endurecido (IRAM 1857)
		% en masa del cemento
Sin armar	Cualquier condición	1,20
Armado, con curado normal	Medio ambiente con cloruros	0,15
	Medio ambiente sin cloruros	0,30
Armado, con curado a vapor	Cualquier condición	0,10
Pretensado	Cualquier condición	0,06

Tabla N° 7 - Contenido máximo de ion cloruro (Cl-) en el hormigón endurecido. (Machado & Parmigiani, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201, 2005)

2.2.6 CUBICACIÓN

Cubicar refiere a determinar la capacidad o el volumen de un cuerpo, conociendo sus dimensiones y teniendo en cuenta la forma geométrica que configura, para poder cuantificar el o los diversos materiales de un área y así utilizarlos en una obra. Estos pueden ser definidos como Recursos minerales (recursos naturales no renovables que obtenemos de la Geósfera y constituyen una fuente de materia prima) o Reservas minerales (recursos minerales económicamente explotables con las condiciones tecnológicas y de mercado actual). Los recursos pueden pasar a conformar reservas de acuerdo a las condiciones económicas presentes. Por lo que "Recurso" designa un concepto geológico, mientras que "Reserva", es un concepto económico (Imagen N°6).

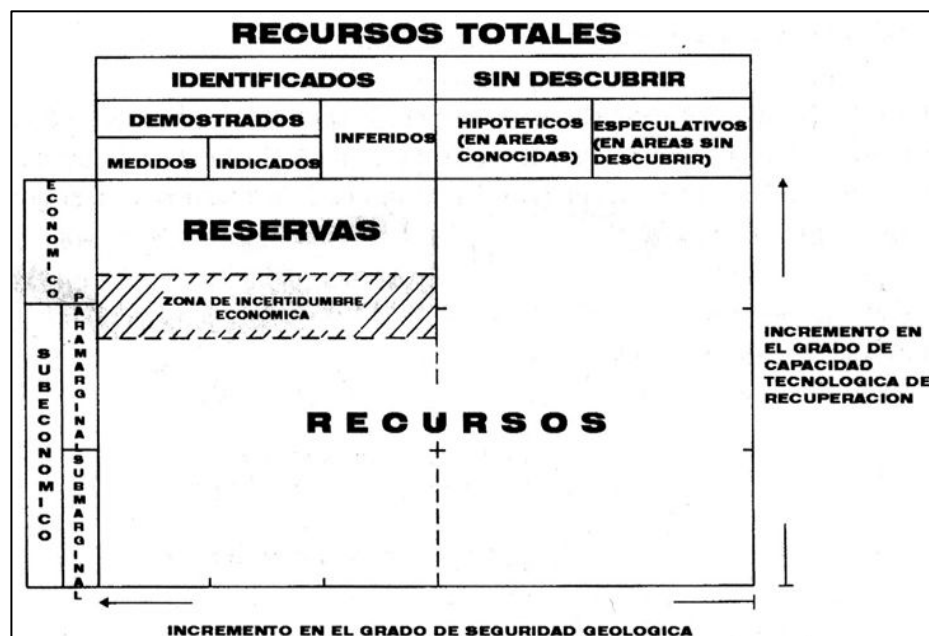


Imagen N° 6 - Clasificación de Recursos y Reservas de Mc Kelvey, basada en la viabilidad y la certidumbre de existencia. (Clasificación de Recursos y Reservas de Mc Kelvey, 2019)

El método utilizado para determinar de manera estimada el volumen de las reservas en el presente trabajo, baso su metodología en la medición directa en campo de las longitudes del terreno a cubicar, tratando de subdividir el área total del cuerpo en figuras geométricas regulares a partir de la delimitación de triángulos (Método de Triangulación). Luego se utilizaron las expresiones matemáticas detalladas en la Imagen N°7, para conseguir el área superficial y con el producto de la densidad del material del depósito se obtuvo el tonelaje del mismo.

Adicionalmente se estimó el recurso aproximado de granulado pómez del área, para lo cual se trazaron a partir de puntos tomados en campo sobre los cuerpos estudiados (tracs de GPS), triángulos y trapecios. Cabe destacar que los valores determinados de este modo, son valores relativos debido a la geoforma de acumulación de los diferentes cuerpos, los que se asemejan a pirámides o dunas asimétricas en los extremos, de profundidad o espesor variable. Por ello solo se calculó el volumen aparente del cuerpo llamado Barján N°1, ubicado en el Área 1, de la zona general de estudio, debido a que fue el único que se presentó en condiciones adecuadas (manifestó un frente accesible del cual se obtuvo el dato de su altura relativa). De los demás cuerpos estudiados solo se determinó su área relativa (recursos disponibles en la zona), debido a que los mismo presentaban ausencia de taludes o cortes adecuados para tener una referencia de su espesor relativo, o se presentaron formando mantos heterogéneos de poca pendiente.

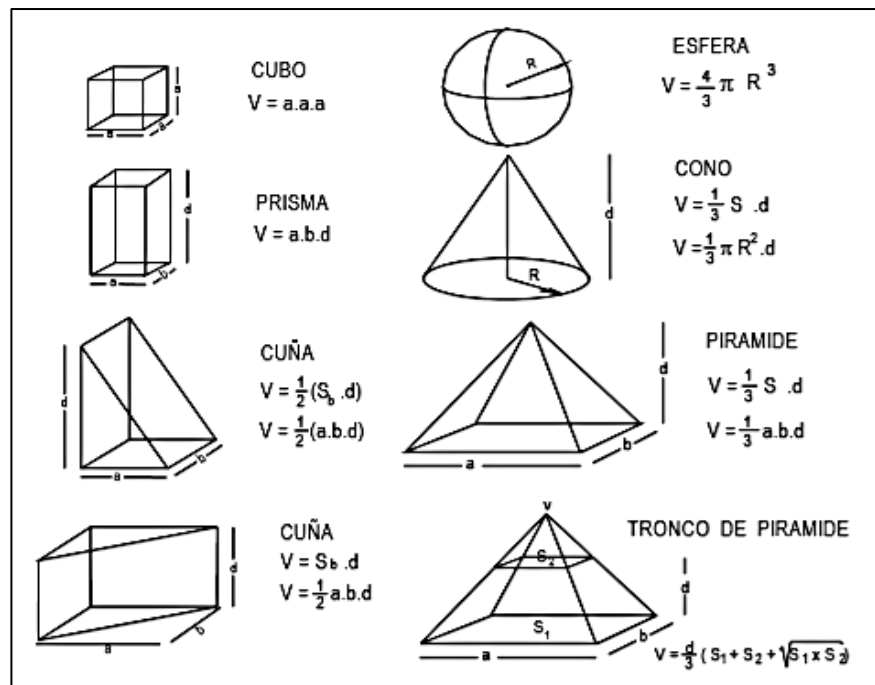


Imagen N° 7 - Expresiones matemáticas para determinar el volumen de cuerpos geométricos simples. (Serafino, 2019).

2.2.7 BLOQUES DE HORMIGÓN

2.2.7.1 DEFINICIÓN Y USO

Los bloques de hormigón, sean de concreto normal o de pómez, son elementos o piezas prefabricadas, elaboradas a partir de una mixtura de agregados, cemento, aditivos y agua,



que reaccionan químicamente uniendo el conjunto de partículas, para formar una mezcla con tal trabajabilidad, para rellenar moldes metálicos. Luego de un proceso de vibrado, compactación y fraguado o secado o “endurecimiento” al aire, originando un elemento sólido con aspecto de roca.

Suelen ser esencialmente huecos, de forma prismática sensiblemente octaédrica con dimensiones normalizadas, siendo las medidas más habituales en centímetros 10x20x40, 15x20x40, 20x20x40, 22,5x20x50 (Imagen N°8). Su relación alto-ancho es inferior a 6 cm y alto-largo inferior a 1 cm, sin armadura alguna. Presentan las siguientes ventajas al usarlos en la construcción:

- Requieren menor espesor de revoque, debido a una terminación más pareja de la superficie del bloque y a la menor cantidad de juntas, en relación a los ladrillos comunes. Incluso en algunos bloques con terminaciones texturadas no requieren revoque. Lo que significa economía de mano de obra y de materiales.
- Requieren menor utilización de mezclas de asiento, debido al tamaño del bloque.
- Requieren menor utilización de mano de obra en la ejecución, por utilizar menos cantidad de unidades por m² (12,5 unidades por m²).
- El muro con bloque de concreto presenta gran durabilidad y brinda al usuario confort térmico y acústico. Sus cavidades proveen buen aislamiento térmico, lo que es ventajoso en las alturas y regiones frías. Además, pueden ser rellenas con acero estructural y concreto, para lograr alta resistencia sísmica y ser usadas como conductos para las instalaciones eléctricas y sanitarias.
- Pueden elaborarse en tamaños y formas variadas con simples moldes y vibradores (producción en obra) o en costosas fabricas (para producción en grandes cantidades).

En el proceso productivo de bloques de hormigón se pueden realizar bloques con agregados livianos, conformando una mezcla de Hormigón liviano estructural, el cual es definido en el Reglamento Argentino CIRSOC 202, como “un hormigón simple o armado que contiene agregados finos y gruesos livianos, cuya masa por unidad de volumen de material seco a masa constante (densidad) luego de endurecido el material, determinada según norma IRAM 1567⁴, debe resultar comprendida en un rango de 800 kg/m³ a 2000 kg/m³”. Debido a esto, los bloques resultantes presentan un peso total menor que los elaborados con áridos normales, sin perder su capacidad portante, y presentan las siguientes características:

- Baja densidad. Debido a los vacíos naturales en sí mismos, en el mortero o entre las partículas del agregado grueso.
- Baja conductividad térmica, favoreciendo el aislamiento térmico y acústico.
- Su resistencia a compresión que varía entre 0,5 a 40 MPa (5 a 408 Kg/cm²). Mayores resistencias, requieren mayores contenidos de cemento.
- Elevada resistencia al congelamiento y deshielo, siempre que el agregado liviano, no presente su porosidad en estado saturado.
- Elevada piroresistencia, debido la dificultad que opone el agregado liviano a astillarse.

⁴ Curado a 7 días en cámara húmeda y 21 días de secado al aire, ambos en condiciones normalizadas de humedad y temperatura.



- Menor deformación por variaciones de temperatura, por efecto de los bajos coeficientes de expansión térmica que presentan los agregados livianos.

Se pueden usar bloques de hormigón realizados con agregados livianos unidos entre sí cuya distribución manual sea mediante mortero ⁵, con lo cual se utilizan para construir tabiques (paredes delgadas) o muros no portantes (de bajo compromiso estructural), ventajosos como divisorios en viviendas o elementos de fachada (paneles). Estos solamente deben resistir su propio peso, la acción del viento y en todos los casos, la acción de las cargas, deben ser predominantemente estáticas.

Los tipos de estructuras de mampostería elaboradas pueden ser las que se detallan a continuación y según su factor de riesgo se clasifican en la Tabla N°8.

- **Muros Arriostrados:** conformado por elementos de refuerzos horizontales o verticales, que cumplen la función de proveer resistencia y estabilidad a las estructuras portantes o no portantes, sujetos a cargas perpendiculares a su plano.
- **Muro de Arriostre:** muro portante transversal al muro que provee estabilidad y resistencia lateral.
- **Muro No Portante:** diseñado y construido de forma tal que solo pueda transmitir las cargas de su propio peso y transversales a su plano. Por ejemplo, parapetos y cercos.
- **Muro Portante:** diseñado y construido de forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel o nivel inferior a la cimentación. Componen la estructura de un edificio y deben tener continuidad vertical.
- **Muros No Resistentes:** son aquellos muros que carecen de capacidad para resistir cargas contenidas en su plano y en ningún caso pueden ser utilizados para transmitir cargas horizontales y/o verticales. Sin embargo, deberán poseer una adecuada resistencia capaz de tolerar acciones sísmicas perpendiculares a su plano, derivadas de su propio peso.
- **Muros Resistentes:** son aquellos muros que poseen capacidad para resistir cargas contenidas en su plano, por lo que conforman elementos estructurales esenciales para transmitir cargas horizontales y/o verticales en las construcciones de mampostería encadenada y reforzada con armadura distribuida.

TIPO DE CONSTRUCCIONES	
GRUPO A0	
Detalle	Ejemplos
Construcciones, instalaciones y equipamientos que cumplen funciones esenciales, cuyo colapso total o parcial, podría producir efectos catastróficos sobre importantes sectores de la población. Deben mantenerse en funcionamiento luego de ocurrido un terremoto destructivo. Su valor de factor de riesgo es 1,5.	Sectores radiactivos de instalaciones con potencias superiores a 20 MW, depósitos de gases o líquidos inflamables o tóxicos, áreas esenciales de aeropuertos, hospitales, centros policiales y de bomberos, centrales de comunicación y radioemisoras de alcance regional, centrales de energía de emergencia, construcciones para servicios sanitarios básicos (agua potable).
GRUPO A	

⁵ Mezcla de aglomerante, material fino y una cantidad específica de agua, tal que genere una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado, que se usa para adherir horizontal y lateralmente unidades de mampostería, conformando en conjunto unidades estructurales de mampostería.



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



Construcciones, instalaciones y equipamientos cuyo colapso tiene gran repercusión por su ocupación, uso o contenido es de gran valor o importancia pública, ya que pueden albergar a más de 100 personas. Su valor del factor de riesgo es 1,3.	Edificios de servicios médicos, estaciones de radio y de televisión, centrales telefónicas, edificios gubernamentales nacionales, provinciales o municipales, escuelas, universidades, cines, teatros, estadios, templos, terminales de transporte de pasajeros, grandes comercios e industrias, museos, bibliotecas, centrales de energía, plantas de bombeo y depósitos de combustibles de hasta 100 m ³ .
GRUPO B	
Son aquellas cuya falla produciría pérdidas de magnitud intermedia. Su valor del factor de riesgo es 1.	Son construcciones destinadas a vivienda unifamiliar o multifamiliar; hoteles, comercios e industrias no incluidos en el grupo A.
GRUPO C	
Construcciones o instalaciones aisladas ocupadas por hasta 10 personas. Su falla produciría pérdidas de escasa magnitud y no requieren de análisis bajo acciones sísmicas, pero su valor de factor de riesgo sería 0,8.	Depósitos y casillas aislados, establos; silos y tanques apoyados en el suelo, no comprendidos dentro de las categorías anteriores por su contenido o ubicación.

Tabla N° 8 - Clasificación del tipo de construcciones, según el valor de factor de riesgo. (Parmigiani, Reglamento Argentino INPRES-CIRSOC 103-Parte III. Para Construcciones de Mampostería Sismorresistentes, 1991)

2.2.7.2 TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE BLOQUES

Las clasificaciones más representativas son las que se detallan a continuación (Imagen N°8):

a) Por tipo:

- **De gafa:** es el modelo más común y por lo general deben ser revestidos con algún tratamiento superficial. En ocasiones se utiliza con los huecos de forma horizontal para permitir un poco de visión y dar paso al aire con el exterior.
- **Multicámara:** presenta sus huecos internos compartimentados y se utilizan frecuentemente para construir paredes de una sola hoja, donde las divisiones internas de los bloques aislen el aire en distintas cámaras, aumentando el aislamiento de la pared. Son similares en concepto a los bloques de termo-arcilla.
- **De carga:** son más duros y se emplean cuando el muro tiene funciones estructurales, soportando el forjado superior.

b) Según su acabado o Diseño:

- **Normal para revestir o E:** presentan rugosidad suficiente para proporcionar una buena adherencia al revestimiento. Estos a su vez se diferencian en Macizos y de Columna.
- **De cara vista o V:** adecuado para usar sin revestimiento ya que al menos una de las caras es especialmente preparada para ello. Se diferencian los tipos Liso, Split, Punta de diamante y Celosías.
- **Para Muro armados:** diseñados como encofrado en muros macizos de hormigón. Presentan rebajes interiores donde se apoyan armaduras de acero. Son los Bloque tipo H y Bloque en U. Estos últimos se emplean como zunchos para cubrir cantos de forjado, o para crear dinteles.

c) Según su índice macizo⁶:

- Hueco o H: bloque cuyo índice macizo está comprendido entre 0,4 y 0,8.
- Macizo o M: bloque cuyo índice macizo es superior a 0,8.

d) Por categoría:

- Esta clasificación queda definida según la resistencia a la compresión del bloque, o sea, la relación entre la carga de rotura y la sección bruta neta de un bloque. El Reglamento Argentino de Estructuras de Mampostería, CIRSOC 501, los clasifica según la resistencia característica a la compresión bruta mínima que toleren en:
 - Portante: mampuestos cuya sección según cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tenga un área neta no menor que el 40% del área bruta, y un ancho mínimo (espesor sin revoques) igual a 120 mm. Los tipos son:
 - Portantes con caras Lisas. Estos se fabrican en distintos espesores y formas. Están destinados a conformar mampostería capaz de resistir cargas perpendiculares como así también las contenidas en su Plano.
 - Portantes con rebaje Central (“RC”). Este tipo de bloque se utiliza en estructuras de mampostería que presentan encadenados a partir de los cuales se distribuyen los bloques y sus esfuerzos.
 - No portante o de Tabiquería. Son aquellos destinados a la mampostería de cerramiento, sobre las cuales no se transmiten cargas verticales y sólo es necesario que resistan las cargas de su propio peso.

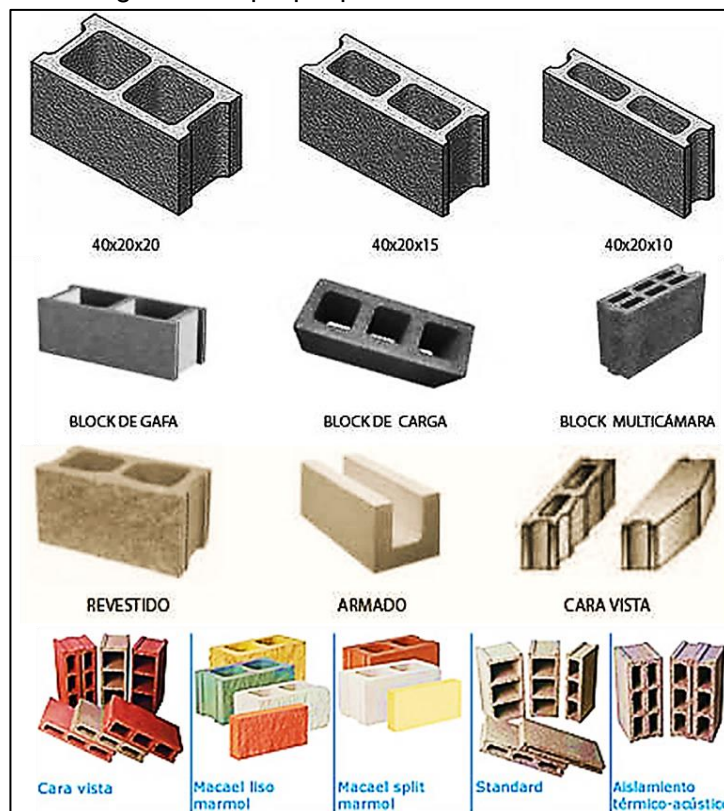


Imagen N° 8 - Tipos de bloques de hormigón. (Bloques de Concreto: Historia y Diseño de los bloques de concreto, 2019)

⁶ Relación entre la sección neta y la sección bruta del bloque.



2.2.7.3 CONDICIONES DE RESISTENCIA DE LOS BLOQUES DE HORMIGÓN

La resistencia mínima a compresión del mampuesto se determina en base a su área bruta, y depende firmemente de los requisitos del diseño de la mampostería, además de la zona donde se requiera emplazar la misma. Es por esto que se debe identificar el tipo de medio ambiente (Tabla N°13 y N°14) y zona sísmica, que definen el grado de agresividad a la que va a estar sometido cada conjunto de elementos estructurales. Además, deben tenerse en cuenta los efectos de las fuerzas y deformaciones debidas a vibraciones, impacto, retracción, expansión, cambios de temperatura, deformación diferida, asentamientos diferenciales de los apoyos, etc.

Los valores de resistencia que deben presentar los mampuestos en zonas de baja sismicidad o condición sísmica 0 (Peligrosidad muy reducida), donde la velocidad básica del viento no supera los 200 km/h, son definidos por el Reglamento Empírico Argentino CIRSOC 501. Mientras que los valores de resistencia usados en zonas sísmicas tipo 1, 2, 3 o 4 (de Peligrosidad Reducida, Moderada, Elevada y Muy elevada, respectivamente) son establecidas por el Reglamento Empírico Argentino CIRSOC 103, ambas detalladas en la Tabla N°9. Es preciso constatar que la provincia de Catamarca se ubica en la zona sísmica 2, de Peligrosidad Moderada.

ZONAS DE BAJA SISMICIDAD (Condición Sísmica 0)	
Según Reglamento Empírico Argentino CIRSOC 501E.	
Para ser utilizados en muros resistentes su sección según cualquier plano paralelo a la superficie de asiento del bloque, debe tener un área neta no menor que el 40% del área bruta, y el ancho mínimo del bloque debe ser igual a 12 cm. El valor de la resistencia característica a la compresión mínima ($f'u$), de los mampuestos para construcciones de mampostería de bajo compromiso estructural trabadas a soga o trabada a soga y tizón ⁷ , para cualquier tipo de mampuesto debe ser como mínimo 5 MPa (59,99 kg/cm ²).	
ZONAS SÍSMICAS (CONDICIÓN SÍSMICA 1,2,3,4)	
Reglamento Empírico Argentino CIRSOC 103	
Para ser utilizados en muros resistentes su sección según cualquier plano paralelo a la superficie de asiento del bloque, debe tener un área neta igual que el anterior, pero el ancho mínimo del bloque debe ser igual a 17 cm. Estos se clasifican de acuerdo con las condiciones de resistencia en:	
Bloques huecos portantes de hormigón Tipo I y Tipo II	Bloques huecos portantes de hormigón Tipo III
<p>– <u>Resistencia:</u> Cada ladrillo debe tener una resistencia a compresión igual a 4,5 MPa.</p> <p>– <u>Utilización:</u> Útil para elaborar edificios de más de 2 pisos y 7 m de altura, tipo A0, ubicados en zonas sísmicas 2 y 1. También pueden emplearse en construcciones de hasta 1 piso o 4 m de altura, ubicados en zonas sísmicas 4 y 3.</p>	<p>– <u>Resistencia:</u> Cada ladrillo debe tener una resistencia a compresión igual a 3 MPa.</p> <p>– <u>Utilización:</u> Útiles exclusivamente en construcciones de los Grupos B o C, cuya altura no supere los 4 m o 1 pisos, ubicadas en zonas sísmicas 2 y 1. NO pudiendo utilizarse en zonas sísmicas 4 y 3.</p>

Tabla N° 9 - Condiciones y valores de resistencia a compresión mínima. Donde en la conversión 1 Megapascal (MPa) = 10,1971 Kilogramo per centímetro cuadrado (kg/cm²). (INTI C. d., 2007; INTI C. d., 1991)

⁷ Soga hace referencia a la construcción o disposición de sillares o bloques colocados en la horizontal por su lado más largo para formar una estructura (muros o paredes), mientras que a tizón lo es en el lado más corto. La combinación de ambas es conocida como a soga y tizón. Muy utilizado en la arquitectura hispanomusulmana.



2.2.7.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN

El ciclo productivo de fabricación de bloques se desarrolla en diversas etapas, iniciando con la selección de la Materia Prima hasta el proceso de Almacenaje de los pallets⁸ con los productos terminados.

La primera etapa comienza con la correcta Selección de Materia Prima, donde es importante buscar fuentes o proveedores que aseguren un suministro constante, en volumen y procedencia de los materiales para garantizar la uniformidad de la mezcla. La buena elección de la materia prima condiciona el costo final del Producto que a su vez está estipulado de acuerdo al contenido de cemento requerido. Por lo que es de gran importancia realizar una buena graduación (dosificación) de los agregados, a fin de disminuir costo del producto final.

Con la materia prima seleccionada se procede a desarrollar la segunda etapa que consiste en Calcular, Pesar (dosificación) y Confeccionar la mezcla, ya que resultados a nivel estructural, y cualidades del bloque dependen de ello. El principio fundamental de esta etapa consiste en medir adecuadamente las cantidades de cada material requerido, en Peso o en Volumen, para generar un pastón⁹ con cohesión en estado fresco para ser desmoldado y transportado sin deformarse o dañarse; máxima compactación para que su absorción sea mínima; resistencia esperada según uso y acabado superficial deseado. Una vez pesadas las proporciones de los diferentes materiales, se mezclan por unos minutos, controlando la consistencia de la pasta y si es necesario, se agrega más agua.

Una vez alcanzada la homogeneidad requerida, se desarrolla la tercera etapa, que consiste en el Moldeo y Elaboración de los bloques, para lo que es necesario trasladar el pastón hacia la máquina bloquera manual o sistematizada (Imagen N°9), donde se procede a moldear y cortar los bloques. Para moldear el bloque se procede a llenar la bloquera hasta la altura establecida, luego se compacta/vibra la mezcla por un lapso aproximado de 2 a 5 segundos (10 como máximo) y se procede a desmoldar, con lo que se retira la máquina para comenzar nuevamente el ciclo.

Una vez terminado el proceso de moldeo y corte de los bloques se llega a la cuarta etapa, que consiste en el Curado, donde los bloques recién fabricados deben permanecer quietos durante los primeros siete días por lo menos, en condiciones de humedad y temperatura controladas para llegar a obtenerse las propiedades deseadas. Esto se logra rociándolos con agua mediante una manguera con atomizador, para que no se sequen en ningún momento o recubrirlos con láminas de plástico a modo de formar un ambiente hermético que evite la pérdida de humedad por evaporación.

Finalizado el proceso de curado, se procede a desarrollar la última etapa, que consiste en Levantar y Almacenar los productos terminados, ya sea por medio de una paletizadora o bien en forma manual, ordenándolos de manera organizada sin afectar su forma final. El

⁸ Es una plataforma generalmente de madera, que permite el agrupamiento de mercancías sobre ella, constituyendo una unidad de carga.

⁹ Cantidad de hormigón, de dosificación establecida, descargado en la obra de un mismo camión u hormigonera.

almacenaje como máximo debe ser en siete filas de bloques, no despachándose antes de cumplidos los ocho días de fabricación del bloque.

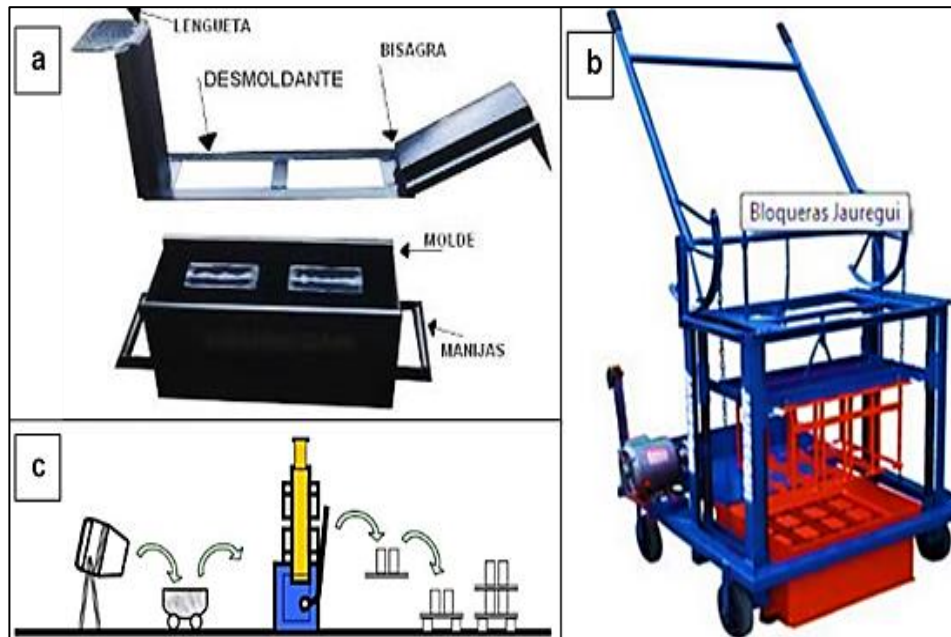


Imagen N° 9 – a) Molde de corte manual para elaborar bloques de hormigón. b) Bloquera Tipo ponedora, con motor eléctrico monofásico. c) Esquema sintético del proceso de elaboración de bloques de hormigón. (Menichetti, 2015)

2.2.7.5 MATERIALES USADOS PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN

2.2.7.5.1 CEMENTO

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, cuyo producto resultante genera el llamado clínker¹⁰, el cual se convierte en cemento cuando se le agrega una pequeña cantidad de yeso, para evitar la contracción de la mezcla al fraguar¹¹, para endurecerse posteriormente. Tiene un Peso Específico Relativo que oscila entre 3,1 y 3,2 (Cemento Portland tipo I, destinado a obras de concreto en general), pudiéndose utilizar un valor de 3,15 cuando el tipo de obra no justifica la determinación exacta del peso específico relativo. Presenta una Densidad (en polvo) igual a 1,3 Kg/dm³, o 1300 Kg/m³ (donde 1 g/cm³ = 1 kg/dm³ = 0.001 kg/dm³). Se clasifican según los componentes que se añaden al clínker, obteniéndose Cemento Portland (clínker + yeso o anhidrita); Cemento de Puzolana (clínker + puzolana y yeso); Cemento de alto horno (clínker + escoria básica granulada de alto horno y yeso) o Cemento aluminoso (clínker + aluminatos hidratados de calcio).

Para realizar un pastón de hormigón debe pesarse una adecuada cantidad de cemento y no deben mezclarse cementos en el proceso, por lo que solo deben usarse tipos aprobados por organismos nacionales habilitados, cuya nomenclatura se especifica en la Tabla N°10.

¹⁰ Componente fundamental del cemento, producto de la cocción de materiales naturales como cal (65 %), sílice (25 %), alúmina (10 %) y óxidos de hierro y de magnesio (1-3 %). Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cemento>.

¹¹ Endurecimiento progresivo de la masa de hormigón, al agregarle agua que por lo general queda asegurado al cabo de 28 días.

Norma IRAM 50000:2000	
Nomenclatura	Tipo de Cemento
CPN	Cemento Portland Normal
CPF	Cemento Portland con filler Calcáreo
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPE	Cemento Portland con Escoria
CPC	Cemento Portland Compuesto
CAH	Cemento de Alto Horno
Norma IRAM 50001:2000 *	
MRS	Cemento Moderadamente resistente a los sulfatos
ARS	Cemento Altamente resistente a los sulfatos
BCH	Cemento de bajo calor de Hidratación
RRAA	Cemento resistente a la reacción alcali-agregado
ARI	Cemento de alta resistencia inicial
B	Cemento Blanco

Tabla N° 10 - Tipos de cemento según norma IRAM 50000:2000 e IRAM 50001:2000. (*) Usados bajo condiciones específicas, características de los agregados, condiciones de exposición, tipología estructural y método constructivo. (Machado & Parmigiani, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201, 2005)

Cemento Portland tipo Holcim CPC-40 es de uso general, particularmente recomendado para pavimentos de hormigón, obras hidráulicas, hormigones en masa, fundaciones y estructuras. Apto para tratamientos de bases para pavimentos y hormigón compactado a rodillo. Se obtiene por la molienda conjunta y uniforme de Clinker tipo Portland y minerales naturales (Caliza de alta ley y Puzolana), en proporciones que van del 36% al 55% en peso del cemento.

El cemento Portland Compuesto Loma Negra CPC-30 es de uso general, principalmente en morteros de albañilería y hormigones que serán colocados en elementos estructurales simples o armados. Se obtiene mediante la molienda del clinker Portland y sulfato de calcio, más un porcentaje máximo de hasta 35% de una combinación de al menos dos de las siguientes adiciones minerales: Escoria granulada de Alto Horno, Puzolanas y/o Filler Calcáreo.

2.2.7.5.2 AGREGADOS

Son materiales finos y/o gruesos, de origen natural o artificial, cuidadosamente dosificados en la mezcla de hormigón, por lo que un requisito importante es su limpieza y durabilidad. Los tipos más usados en Argentina, se describen a continuación (Gráfico N°2):

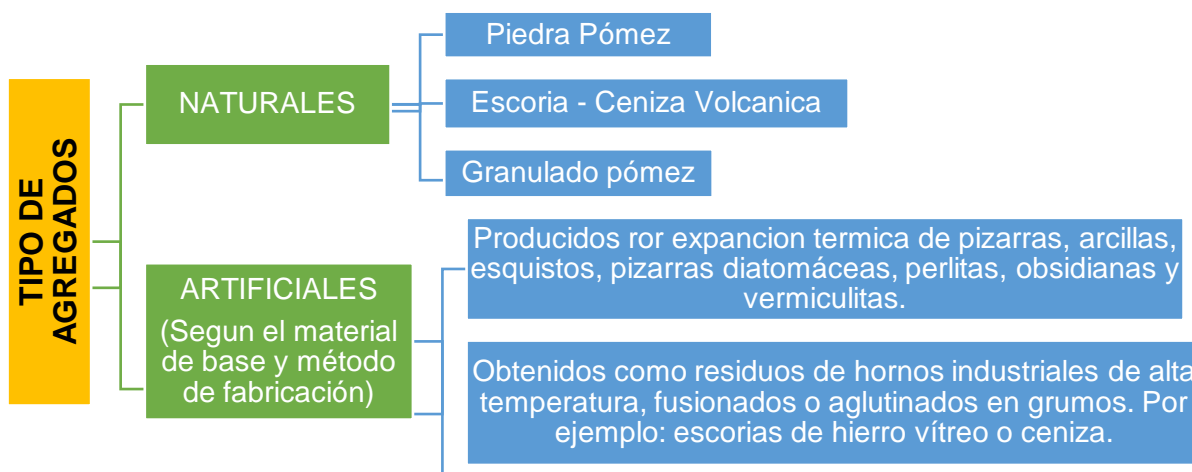


Gráfico N° 2 – Tipos de agregados usados para elaborar bloques de hormigón. (Mella Stapping, 2004).

2.2.7.5.3 AGUA

En el proceso de elaboración del hormigón el agua, cumple dos funciones principales: actúa directamente en propiedades como la trabajabilidad y segregación o exudación del cemento durante la etapa de mezclado para llegar al asentamiento deseado; y actúa como agente fundamental durante el proceso de curado del mampuesto o de estructuras de hormigón recién construidas. Para poder ser usada en la elaboración de hormigón debe presentarse en condición de dulce¹² y estar limpia, libre de materia orgánica, aceites, azúcares u otras sustancias que afecten la resistencia o durabilidad de la pasta.

Es importante tener en cuenta la relación en la que se presenta el agua con respecto al contenido del cemento usado en la mezcla de hormigón (Agua/Cemento), debido a que parte de la misma se pierde por evaporación durante el proceso de curado, dejando intersticios u oquedades en el producto o estructura creada, con lo que disminuye la resistencia mecánica y condiciona cualidades técnicas/funcionales del producto final. En conjunto puede decirse que el comportamiento de la pasta de hormigón varía según la relación de A/C (Tabla N°11).

Menor relación Agua/Cemento	Mayor relación Agua/Cemento
Mayor Resistencia del producto.	Menor resistencia del producto.
Mayor Durabilidad y Resistencia a los agentes Agresivos.	Mayor vulnerabilidad de las estructuras y mampuestos al ataque de agentes agresivos (químicos).
Mayor Impermeabilidad.	Mayor presencia de intersticios u oquedades por perdidas por evaporación.
Menores cambios volumétricos.	Mayor asentamiento de la pasta.
Menor tendencia a la segregación o exudación del agua (“Bleeding”).	Mayor segregación del cemento.
Mayor homogeneidad del Hormigón.	Mayor fluidez del hormigón

Tabla N° 11 – Propiedades condicionadas según la relación de A/C. (Mella Stapping, 2004).

¹² Puede utilizarse agua de mar, pero puede traer aparejado una disminución en la resistencia y presencia de manchas blanquecinas en el producto final, debido a su elevado contenido en sales.

Es por esto que la relación Agua/Cemento es un parámetro determinado mediante cálculos, y resulta óptimo que la misma se presente en un valor $\geq 0,183$ (valor que contempla el contenido de agua agregada para elaborar un pastón, sin tener pérdidas por evaporación). La máxima relación de agua/cemento, necesaria en términos de durabilidad y según el tipo de exposición a la que se someta la estructura de hormigón que se realice se define a continuación (Tabla N°12 y sus complementarias; Tablas N°13, N°14, N°15 y N°16).

Requisitos		Tipos de exposición de las estructuras de hormigón de acuerdo con las clasificaciones de las tablas N°13 y N°14, y sus complementarias N°15 y N°16.									
		A1	A2	A3 y M1	CL y M2	M3	C1	C2	Q1	Q2	Q3
Razon a/c máxima:	Hormigón Simple	---	---	---	0,45	0,45	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
	Hormigón Armado	0,6	0,5	0,5	0,45	0,4	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
	Hormigón Pretensado	0,6	0,5	0,5	0,45	0,4	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Penetración de agua o succión capilar		no	si	si	si	si	si	si	si	si	si

Tabla N° 12 – Relación máxima de agua/cemento necesaria para elaborar la mezcla de hormigón, en términos de durabilidad y según el tipo de exposición ambiental a la que se someterá la estructura realizada. (Machado & Parmigiani, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201, 2005)

EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
A 1	No agresiva		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios no sometidos a condensaciones • Elementos exteriores de edificios, revestidos • Hormigón masivo interior • Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios protegidos de la intemperie • Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO₂. • Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.
A 2	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios expuestos al aire con HR $\geq 65\%$ o a condensaciones • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. • Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sótanos no ventilados • Fundaciones • Tableros y pilas de puentes • Elementos de hormigón en cubiertas de edificios • Exteriores de edificios. • Interiores de edificios con humedad del aire alta o media
A 3	Clima cálido y húmedo		Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1.000 mm • Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año $\geq 25^\circ\text{C}$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pavimentos • Losas para estacionamientos
CL	Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino		Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies de hormigón expuestas al rocío o la fluctuación del nivel de agua con cloruros • Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales 	<ul style="list-style-type: none"> • Piletas de natación sin revestir. • Fundaciones en contacto con aguas subterráneas • Cisternas en plantas potabilizadoras • Elementos de puentes
M 1	Marino	Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • A más de 1 km. de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcciones alejadas de la costa pero en la zona de influencia de los vientos cargados de sales marinas (*).
M 2		Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • A menos de 1 km. de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcciones próximas a la costa.
M 3		Sumergidos	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • Sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuras de defensas costeras • Fundaciones y elementos sumergidos de puentes y edificios en el mar
M 3		Sumergidos	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • En la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuras de defensas costeras, fundaciones y elementos de puentes y edificios

(*) La distancia máxima depende de la dirección de los vientos predominantes. Cuando ellos provengan del mar, como ocurre en la mayor parte del litoral de la Provincia de Buenos Aires, esta zona está entre 1 km y 10 km. En la mayor parte de la Patagonia esta zona es inexistente. El Director del Proyecto deberá acotar los límites de aplicación de esta zona de agresividad.

Tabla N° 13 - Clases de exposición ambiental que producen corrosión de armaduras. (Machado & Parmigiani, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201, 2005)

Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde pueden darse las clases de exposición
C 1	Congelación y deshielo	Sin sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo	Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media en invierno superior al 75 %, y que tengan una probabilidad mayor que el 50 % de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies expuestas a la lluvia o a atmósferas húmedas. • Estructuras que contienen agua o la conducen.
C 2		Con sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo y por sales descongelantes	Estructuras destinadas al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con temperatura mínima media en los meses de invierno inferior a 0°C	<ul style="list-style-type: none"> • Pistas de aterrizaje, caminos y tableros de puentes. • Superficies verticales expuestas a la acción directa del rocío con agua que contiene sales descongelantes. • Playas de estacionamiento y cocheras en los edificios.
Q 1	Ambientes con agresividad química	Moderado	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta 	
Q 2		Fuerte		<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media • Exposición al agua de mar 	
Q 3		Muy fuerte		<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida 	

Tabla N° 14 - Clases específicas de exposición ambiental que genera la degradación de estructuras de hormigón. (Machado & Parmigiani, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201, 2005)

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO ₄) ²⁻ mg/litro ⁽¹⁾	Magnesio (Mg ²⁺) mg/litro ⁽²⁾	pH ⁽³⁾	Disolución de cal por ataque con ácido carbónico (CO ₂) ²⁻ mg/litro ⁽⁴⁾	Amonio (NH ₄ ⁺) mg/litro ⁽⁵⁾
Moderado	150 a 1.500	300 a 1.000	6,5 a 5,5	15 a 40	15 a 330
Fuerte	1.500 a 10.000	1000 a 3.000	5,5 a 4,5	40 a 100	30 a 60
Muy Fuerte	Mayor a 10.000	Mayor a 3.000	Menor a 4,5	Mayor a 100	Mayor a 60
(1), (2), (3) y (5) Se determinaran con el metodo especificado en la norma IRAM 1872:2004					
(4) Se determinaran con el metodo especificado en la norma IRAM 1708:1998					

Tabla N° 15 - Valores límites de sustancias agresivas en aguas de contacto. (Machado & Parmigiani, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201, 2005)

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO ₄) ²⁻ mg/litro ⁽¹⁾	Grado de acidez Baumann - Gully modificado ⁽²⁾
Moderado	0,10 a 0,20	Mayor de 20
Fuerte	0,20 a 2	---
Muy Fuerte	Mayor a 2	---
(1) Se determinaran con el metodo especificado en la norma IRAM 1873:2004		
(2) Se determinaran con el metodo especificado en la norma IRAM 1707:1998		

Tabla N° 16 - Valores límites de sustancias agresivas en suelos de contacto. (Machado & Parmigiani, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201, 2005)



CAPÍTULO III – METODOLOGÍA



3.1 METODOLOGÍA

Para realizar el presente estudio y dar cumplimiento a los objetivos planteados, se programaron diversas actividades, agrupadas en tres etapas definidas como:

3.1.1 PRIMERA ETAPA: ANÁLISIS DE ANTECEDENTES EN GABINETE

En esta etapa se realiza el análisis, interpretación y recopilación de antecedentes bibliográficos y cartográficos de la zona de estudio, referidos a aspectos geológicos, geomorfológicos, climatológicos, mineros, etc.; útiles para elaborar la cartografía Geológica-estratigráfica, (Escala 1:80.000); y Geomorfológica (Escala 1:80.000) del área de estudio (Anexo Mapas). Confeccionada mediante fotointerpretación, a partir de la imagen satelital tomada del servidor Google Maps mediante el programa SAS.planet (freeware con licencia publica general, siglas GNU o GPL), de coordenadas geográficas POSGAR 1994 - Argentina - Zona 3. La cual se importó y trabajó con ArcGIS versión 10.3 (software de digitalización con licencia obtenida por la UNCA).

También se relevó información referente a características de aplicación industrial del granulado pómez, revisando publicaciones de interés científico, revistas especializadas e información relevante de Internet. Además, se consultaron trabajos inéditos con la finalidad de tener un concepto integral para planificar y diagramar las actividades a desarrollar posteriormente.

3.1.2 SEGUNDA ETAPA: RELEVAMIENTOS DE CAMPO

Esta etapa consistió en el reconocimiento del área de estudio, en base a interpretación y análisis de información previa, y a su apreciación en el campo. Las tareas se realizaron en dos (2) campañas o viajes de campo: en la primera se realizó un relevamiento geológico in situ y control de cartografía preliminar, mapeo y delimitación de los depósitos, selección de bancos de interés y muestreo sedimentológico. Mientras que en la segunda campaña se controlaron rasgos geológicos para corroborar datos previos y poder descartar depósitos que no presentan interés actual, además de recolectar nuevamente material de los cuerpos “importantes”, para realizar diferentes ensayos físico-mecánicos y de prueba industrial.

3.1.2.1 SITIOS DE MUESTREO

Durante esta etapa se realizó la visita a los diferentes puntos de interés, reconocidos y diferenciados previamente mediante fotointerpretación y descripción de los elementos del paisaje reconocidos, en gabinete. Una vez allí, se observó a escala afloramiento, rasgos morfológicos, estructuras, características sedimentológicas y se delimitaron zonas de mayor interés dentro de los cuerpos o bancos analizados. Los elementos utilizados para relevamientos de campo fueron GPS convencional, brújula geológica y cinta métrica (50 m), lupa de bolsillo, lápiz rayador magnético, reactivos tales como ácido clorhídrico (HCl) y cámara fotográfica.

3.1.2.2 TÉCNICA DE MUESTREO SEDIMENTOLÓGICO PROSPECTIVO

Los elementos y herramientas manuales utilizadas para realizar el muestreo fueron: piqueta y/o palas, bolsas de polietileno y bolsas arpilleras, precintos, cinta de embalar y rótulos de muestreo. De manera complementaria se usaron instrumentos de medición de campo como brújula, lápiz imán, lupa de mano, GPS, cinta métrica (50 m), cámara fotográfica y libreta de campo.

Una vez realizada la toma del material en campo se procedió a embalar, precintar y rotular las diferentes muestras recolectadas, en bolsas de polietileno y arpilleras para ser debidamente trasladadas a gabinete (Foto N°4).



Foto N° 4 – Procedimiento de muestreo sedimentológico realizado en ambas campañas de campo, donde se utilizaron bolsas arpilleras (a) y plásticas (c). (b) Toma de del punto de muestreo sedimentológico, usando GPS convencional. (d) Proceso de embalado y rotulado de las diferentes muestras, para ser debidamente trasladadas e identificadas en gabinete.



3.1.3 TERCERA ETAPA: TRABAJOS DE GABINETE Y LABORATORIO

En esta etapa se efectuaron diferentes trabajos en laboratorio sobre el material muestreado, a fin de tener los datos necesarios para dar cumplimiento a los objetivos preestablecidos. Dichos ensayos fueron: químicos, físico-mecánicos, dosificación, mezcla y elaboración de bloques de hormigón, y realización de prueba industrial sobre los mismos.

3.1.3.1 TRATAMIENTO DE MUESTRAS EN LABORATORIO

Una vez en gabinete, se continuó con el proceso de cuarteo, pesado (en caso de ser necesario) y rotulado del material para, posteriormente ser enviado a los diferentes laboratorios y/o lugares (Foto N°5), donde se realizaron los estudios descriptos a continuación:

- Laboratorio Loma Negra Intercement¹³. Donde se realizaron ensayos de análisis químicos, índices de actividad puzolánica (IAP).
- Laboratorio Cantera de áridos Guido Moqueta. Se hicieron estudios sobre las muestras recolectadas en la primera campaña, tales como Análisis granulométrico, determinación de peso específico aparente y elaboración de 14 bloques de hormigón huecos tipo gafa, cuyas medidas en centímetros fueron 15x20x40 (ancho, alto, largo). Todos moldeados y cortados utilizando un molde manual (Método Manual).
- Laboratorio de Vialidad de la provincia de Catamarca. Se efectuaron ensayos de análisis mecánico, determinación de módulo de fineza y curva granulométrica, limite líquido y limite plástico, clasificación vial de suelos, porcentaje equivalente de arena, determinación del peso específico real, aparente y porcentaje de absorción de agregados sueltos, determinación de sales solubles. Además, se ejecutaron ensayos de prueba industrial de todos los bloques elaborados y la determinación del valor de resistencia mecánica.
- Bloquera del Sindicato de empleados de Vialidad de la provincia de Catamarca. Donde se elaboraron 36 bloques de hormigón huecos, cortados de acuerdo al sistema industrializado, usando una bloquera metálica ponedora con motor eléctrico para vibrocompactación (Método Manual Semiautomático). Las dimensiones de los mismos fueron del tipo gafa, cuyas medidas en centímetro son 15x20x40 (ancho, alto, largo).
- Laboratorio de Mineralogía II y Petrología¹⁴. Se realizaron ensayos de grano suelto para observar microscópicamente sus constituyentes mineralógicos y una evaluación visual de la esfericidad y redondez de granos epivolcaniclásticos de cada cantera.

¹³ Fábrica de aglomerantes ubicada en el departamento El Alto, provincia de Catamarca.

¹⁴ Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, UNCa, a cargo del Lic. Rafael Furque.



Foto N° 5 – (a) Muestras depositadas en gabinete. (b)y(d) Proceso de cuarteo, embalaje y rotulado de las muestras para ser enviadas al laboratorio de tratamientos químicos de la empresa Intercement – Loma Negras S.R.L. (e)-(c) Proceso de cuarteo, embalaje y rotulado de las muestras para ser enviadas al laboratorio de Mineralogía II y Petrología, de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, UNCa. (f)-(g) Proceso de cuarteo, pesado, embalaje y rotulado de las muestras para ser enviadas a bloquera donde se elaborarán los diferentes pastones y crearon bloques de hormigón.

3.1.3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS

3.1.3.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

3.1.3.2.1.1 CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

3.1.3.2.1.1.1 Materiales usados

- Balanza de 10 kg de capacidad.
- Estufa.
- Bandeja para colocar la muestra.

3.1.3.2.1.1.2 Procedimiento - Norma ASTM de prueba D-2216

1. Se procedió a pesar 2500 gr de la muestra de suelo en condiciones de humedad natural (Wh).
2. Luego se procedió a secar la muestra en estufa a 110 °C hasta peso constante y a pesar nuevamente, cuyo valor resultante corresponde a la muestra de suelo en condición seca (Ws) (Foto N°6).



Foto N° 6 – (a) Muestras en condición de humedad natural. (b) Muestra seca a hasta peso constante.

3.1.3.2.1.1.3 Cálculos

Para determinar este parámetro, se utilizó la fórmula que se detalla a continuación, la cual brinda los resultados detallados en el Anexo (Tabla N°3):

$$H\% = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

Donde: %H = Porcentaje de humedad natural del suelo.

Wh = Peso suelo en condición de humedad natural, en gramos.

Ws = Peso suelo seco a estufa hasta peso constante, en gramos.

3.1.3.2.1.2 DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO APARENTE SUELTO

3.1.3.2.1.2.1 Materiales usados

- Balanza de 10 kg de capacidad.
- Estufa para secado de muestra.
- Bandeja para colocar la muestra.
- Recipiente redondo de volumen conocido.
- Pala metálica.

3.1.3.2.1.2.2 Procedimiento

1. Se pesa 4.500 gr de material, necesario para sobrellenar sin compactar, un recipiente cilíndrico cuyo volumen es 3448 ml. El cual se secó a estufa a 105 °C - 110 °C, hasta peso constante. Se deja enfriar.
2. Se procede a colocar en el piso, una bandeja o recipiente metálico plano, ubicando en su centro el recipiente redondo de volumen conocido. Continuado, se deja caer a una altura aproximada de 60 cm, el material de estudio, volcándolo dentro del recipiente a velocidad

lenta y constante, con lo que se simula la descarga de un camión. Una vez rebalsado el recipiente, se toma una regla niveladora y se enraza el molde, con cuidado de no generar golpes que originen la compactación del material interno (Foto N°7).

3. Se procede a volcar y pesar dicha cantidad. Este proceso se repite 3 veces para sacar un promedio del peso de material que contiene el recipiente de 3448 ml.



Foto N° 7 - (a) Materiales usados para realizar el ensayo. (b) Recipiente metálico plano que tiene ubicado en su centro el recipiente redondo de volumen conocido. (c) Recipiente enrasado mediante el uso de una regla metálica (d) Proceso de vaciado del recipiente y pesado del contenido en el mismo.

3.1.3.2.1.2.1 Cálculos

Este parámetro se determinó utilizando la fórmula que se detalla a continuación, la cual brinda los resultados detallados en el Anexo (Tabla N°4).

$$P.E.A. \text{ suelto} = \frac{\Sigma(P1 + P2 + P3)/3}{V}$$

Donde: **P.E.A. Suelto** = Densidad Aparente Suelta del suelo en estado natural (in situ).

P1, P2, P3 = Peso suelo seco a estufa hasta peso constante, en gramos.

V = Volumen del recipiente, en mililitros.

3.1.3.2.1.3 ANÁLISIS MECÁNICO DE MATERIALES GRANULARES

3.1.3.2.1.3.1 Materiales usados

- Tamices normales de la serie IRAM N°4, N°8, N°10, °16, N°30, N°40, N°50, N°100, N°200, tapa y fondo.
- Bandejas de hierro galvanizado para secado del material
- Recipientes metálicos para cuarteo de material.
- Balanza tipo Roberval de 25 kg de capacidad por plato, de sensibilidad de 1 gramo.
- Pala ancha y espátulas para manipular el material.
- Material de uso corriente en laboratorio: estufas, calentadores, etc.
- Planillas para representar curvas granulométricas.

3.1.3.2.1.3.2 Procedimiento - Norma VN-E7-65

1. Se pesan 1000 gr de material minuciosamente homogenizado en laboratorio, y se anota su peso (Pt). Para lo que inicialmente se observa que el mismo se encuentre limpio, sin películas adheridas y libre de materia orgánica (Foto N°8 a). Se seca en estufa a 105 °C - 110 °C, hasta peso constante. (Foto N°8 b).
2. Se procede a pasar el material por las distintas cribas o tamices, comenzando por la de mayor abertura. Para esto se tamiza el material manteniendo la criba ligeramente inclinado con una mano mientras que con la otra se golpea a razón de 2 segundos por minuto, continuado se procede a girar y golpear suavemente de manera horizontalmente el mismo sobre una base firme. Esto se repite hasta que, en un minuto de zarandeo, pase menos del 1% de la porción que queda retenida. Es importante no forzar el paso de las partículas a través de los tamices con ningún elemento extraño (mano, pincel, espátula, etc.). Esta operación se completa hasta terminar la serie de tamices.
3. Se pesa la masa de material retenido, anotando el valor de cada una de ellas en su respectiva criba (Foto N°8 d).
4. Para realizar el tamizado por vía húmeda, se procede a lavar las muestras usando un tamiz IRAM N° 200, luego se seca el retenido colocándolo en una bandeja y dejándolo sobre la estufa a una temperatura de 105 °C - 110 °C, hasta peso constante. Luego de enfriar se repite el procedimiento ya mencionado (Foto N°8 b y e).



Foto N° 8 – Proceso desarrollado para tamizar el material.

3.1.3.2.1.3.3 Cálculos

Los pesos se obtienen restando el peso total (Pt) de la muestra del retenido en el tamiz de mayor abertura, obteniendo así el material liberado por ese tamiz (P1). Para lograr los valores



subsiguientes se continúa repitiendo restas consecutivas hasta el último tamiz de la serie. Los porcentajes pasantes de cada tamiz se determinan mediante el cociente de cada uno de los pesos librados (ejemplo P1/Pt, P2/Pt, etc.) multiplicados por 100. Este procedimiento se continúa hasta el último pasante de la serie. Los resultados obtenidos a partir de este ensayo se esquematizan en las Tablas N°23, N°24, N°25, N°26 y N°27 (Capítulo IV “Resultados”, Ítem 4.3.2), donde se adjunta la curva granulométrica resultante de cada ensayo.

3.1.3.2.1.4 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

3.1.3.2.1.4.1 Materiales usados

- Mortero de porcelana de medidas corrientes.
- Tamiz IRAM N° 40.
- Cápsula de hierro enlozado de 10 a 12 cm de diámetro.
- Espátula de acero flexible.
- Aparato Casa Grande y acanalador de bronce.
- Pesa filtros.
- Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centígramo.
- Estufa para secado de muestras que asegure temperaturas de 105 °C – 110 °C.
- Elementos varios de uso corriente: bandejas para mezclas de material, rociadores, probetas, espátulas, etc. (Foto N°9 a).

3.1.3.2.1.4.2 Procedimiento – Norma VN-E2-65

1. Inicialmente se toma entre 400 a 500 gr, de suelo secado al aire y se lo hace pasar por el tamiz IRAM N°40, la porción que pasa se desmenuza en un mortero, deshaciendo los grumos sin romper las partículas de arena (Foto N°9 b). De ese material se toman 50 o 60 gr. Posteriormente se lo humedece con agua destilada, mezclando cuidadosamente con la espátula para distribuir de manera homogénea la humedad, hasta que la misma adquiera una consistencia tal que pueda ser dividida en dos porciones.
2. Se coloca la pasta en la capsula del Casagrande amasándola y distribuyéndola de manera que el espesor en el centro sea aproximadamente de 1 cm. Luego con el acanalador se hace una muesca hasta el fondo de la cápsula, en un ancho de 2 mm.
3. Se acciona la manivela a razón de dos vueltas por segundo y se cuenta el número de golpes necesarios para que, por fluencia, se cierren los bordes inferiores de la pasta. Se verifica si la unión es por fluencia y no por corrimiento de toda la masa. Para esto se procura separar con la espátula los bordes unidos.
4. Se retira una porción de pasta de la parte en la que se produjo la unión y se la coloca en el pesa filtro previamente tarado y luego se seca a estufa hasta peso constante (Foto N°9 c). Se anota en planilla el peso del pesa filtro sin material, con material, el número de identificación y el número de golpes requeridos para lograr la unión de la pasta.



Foto N° 9 – (a) Materiales usados para realizar el ensayo. (b) Material tamizado en tamiz IRAM N°40. (c) Pasta de material cuyos extremos ya se unieron mediante los golpes del Casagrande.

3.1.3.2.1.5 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

3.1.3.2.1.5.1 Materiales Usado

- Mortero de porcelana de medidas corrientes.
- Tamiz IRAM N° 40.
- Cápsula de porcelana de 10 a 12 cm de diámetro.
- Espátula de acero flexible con mango de madera.
- Vidrio plano de 30 x 30 cm o un trozo de mármol de las mismas dimensiones.
- Pesa filtros.
- Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centígramo.
- Estufa para secado de muestras que asegure temperaturas de 105 °C a 110 °C.
- Elementos varios de uso corriente: bandejas para mezclas de material, rociadores, probetas, espátulas, etc.

3.1.3.2.1.5.2 Procedimiento - Norma VN-E3-65

1. Inicialmente se toma entre 400 a 500 gr, de suelo secado al aire y se lo hace pasar por el tamiz IRAM N° 40, la porción que pasa se desmenuza en un mortero, deshaciendo los grumos sin romper las partículas de arena. De ese material se toman 15 a 20 gr. Posteriormente se lo humedece con agua destilada, mezclando cuidadosamente la pasta hasta tener una consistencia plástica que permita moldear pequeñas esferas sin adherirse a las manos del operador.
2. Se toma un poco de material y se hace rodar por la palma de la mano o sobre láminas de vidrio, dándole la forma de pequeños cilindros y se la estira hasta formar barritas cilíndricas de un diámetro uniforme en toda su longitud (tres milímetros de diámetro). Las cuales se colocan en un pesa filtro, tapándolo de inmediato para evitar evaporación; se pesan y se secan hasta peso constante.

3.1.3.2.1.5.3 Cálculos

Para determinar el LL, LP e IP, se utilizaron las fórmulas detalladas a continuación, con las cuales se obtuvieron los resultados definidos en el Anexo (Tabla N°5).

$$H = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100$$

Donde: **P1**= Peso del pesa filtro más la porción pasta de suelo húmedo, en gramos.



P2= Peso del pesa filtro más el suelo seco, en gramos.

Pt= Peso del pesa filtro vacío, en gramos.

H = Humedad Porcentual, en porcientos.

$$L.L. = \frac{H}{1.419 - 0.3 \log x N}$$

Donde: **LL**= Límite Líquido de material.

N= Número de golpes del casa grande, hasta que cierra la muesca del material.

H= Humedad porcentual.

$$L.P. = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100$$

$$I.P. = LL - LP$$

Donde: **I.P** = Índice de plasticidad del suelo, en porcientos.

L.L = Límite líquido del suelo, en porcientos.

L.P = Límite plástico del suelo, en porcientos.

3.1.3.2.1.6 EQUIVALENTE DE ARENA

3.1.3.2.1.6.1 Materiales usados

- Una probeta cilíndrica sin pico, de material plástico transparente de 31,7 mm de diámetro interior y de 430 mm de altura graduada a partir de la base, en divisiones cada 2 mm, llegando a los 380 mm de longitud, que posee una línea más larga cada cinco divisiones.
- Tapón de goma, que se adapte a la boca de la probeta.
- Un pistón, constituido por un vástago de metal de 46 cm de largo que termina en su extremidad inferior en tronco cónico con base circular de 25,4 mm de diámetro provisto de tres tornillos que ayudan a ajustar y centrarlo en la probeta cilíndrica. Este pistón tiene acoplado un peso en el extremo inferior de 1 kg y una tapa perforada en la boca que deja pasar libremente el vástago del pistón a través de la boca de la probeta (Foto N°10 c).
- Frasco Mariotte de 4.000 cm³, que se ubica a un metro por encima de la mesa de trabajo.
- Un tubo de goma de 5 mm de diámetro interior, unido al tubo lavador y el frasco, que tiene acoplada una pinza de Mohr para detener el escurrimiento de acuerdo con las necesidades del lavado.
- Un tubo lavador de cobre de 6,35 mm de diámetro exterior, que tiene dos agujeros de 1 mm de diámetro, perforados lateralmente en las caras planas de una cuña, cerca de la punta.
- Un recipiente de 90 cm³ de capacidad (“Medida”).
- Un embudo de abertura amplia, para pasar la muestra de recipiente a la probeta.
- Un reloj o un contador de tiempo.
- Un tamiz IRAM N° 4.
- Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezclar el material, rociadores, probetas, espátulas, estufa para secado muestras, balanzas, etc.

3.1.3.2.1.6.2 Reactivos

- Solución de reserva, realizada según el procedimiento descrito a continuación:

- Se disuelven 454 gr de cloruro de calcio anhidro en 1900 cm³ de agua removiendo energéticamente. Luego de dejar enfriar, se filtra a través de un papel de filtro Watman N°12 o su equivalente y se agregan 2050 gr (1640 cm³) de glicerina pura y 47 gr de formaldehído (solución a 40 volúmenes) a la solución filtrada, mezclando cuidadosamente. Posteriormente se diluye hasta 3785 cm³, agregando agua destilada o potable de buena calidad.
- Solución de trabajo:
 - Se diluyen 93 cm³ de la solución de reserva con agua corriente potable en cantidad suficiente para tener un volumen total de 4 litros.

3.1.3.2.1.6.3 Procedimiento - Norma VN-E10-82

1. Se pesan y secan 500 gr del material a ensayar, previamente tamizado en tamiz IRAM N°4. Luego se tamiza el mismo, ligeramente húmedo, con el fin de evitar se produzca segregación o pérdida de finos durante el zarandeo.
2. Se hacen pasar la solución de trabajo por medio del tubo lavador a la probeta cilíndrica hasta la división N° 50 (altura = 100mm), desde el frasco de Mariotte y se mantiene cerrada la pinza de Mohr. Luego se agrega una medida de material (90 cm³) y se golpea su base fuertemente sobre la palma de la mano varias veces, para desalojar las burbujas de aire y favorecer el mojado de la muestra. Se deja reposar 10 minutos (Foto N°10 a y b).
3. Al término de este período, se tapa la probeta y se sacude vigorosamente de un costado a otro, manteniéndola horizontal, durante 90 ciclos¹⁵, en poco más o menos 30 segundos, a mano. Luego se retira el tapón y se introduce el tubo lavador, rociando al mismo tiempo que desciende, las paredes de la probeta con la solución lavándolas y sumergiendo, con pequeñas oscilaciones verticales, el mismo hasta el fondo, para lavar la arena haciendo ascender los materiales arcillosos, hasta llegar a la división de 190 (altura 380 mm).
4. Pasado esto, se deja reposar la probeta evitando perturbaciones, durante 20 minutos, y luego se lee el nivel superior de la suspensión de fino. Continuado se desciende suavemente al pistón en el cilindro hasta que repose sobre la arena, se gira lentamente el vástago sin presionarlo, hasta que uno de los tornillos de centrado sea visible y se lee el nivel del centro del tornillo en la división más próxima. Si la lectura, de la arena o de los finos, se sitúa entre dos divisiones, se procede a tomar la lectura sobre la división inmediata superior (Foto N°10 c, d).



Foto N° 10 – Procedimiento realizados para determinar el Equivalente de arena de las diferentes muestras.

¹⁵ Un ciclo representa un movimiento completo de ida y vuelta.



3.1.3.2.1.6.4 Cálculos

Para determinar este parámetro se utilizó la fórmula definida a continuación cuyos resultados se detallan en la Tabla N°29 (Capítulo IV “Resultados, ítem 4.3.3).

$$E.A = \frac{\text{Lectura del Nivel superior de la Arena}}{\text{Lectura del Nivel Superior de los Finos}} \times 100$$

Donde: E.A. = Equivalente de arena de la muestra, en porcientos.

3.1.3.2.1.7 PESO ESPECÍFICO APARENTE Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS FINOS

3.1.3.2.1.7.1 Materiales usados

- Tamiz IRAM N° 4.
- Balanza de 10 kg de capacidad y sensibilidad al gramo.
- Matraz aforado de 500 ml y 250 ml de capacidad.
- Molde metálico tronco cónico de 39 mm de diámetro en la base inferior, 38 mm de diámetro en la superior y 73 mm de altura.
- Pistón metálico cilíndrico de base plana de 25 mm de diámetro y 350 gr de peso.
- Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezclar el material, cucharas, espátulas, embudos de vidrio, estufa para secado de muestra, etc.

3.1.3.2.1.7.2 Procedimiento - Norma VN-E13-67

5. Se pesa 1000 gr de muestra, la cual se zarandea en Tamiz IRAM N° 4, eliminando lo retenido y se trabaja con el material pasante. Luego de secada a peso constante, se deja enfriar y se sumerge en agua limpia a temperatura ambiente, durante 24 horas agitando el recipiente para conseguir que se desprendan totalmente las partículas de aire adherido al material (Foto N°11 a).
6. Transcurridas las 24 horas, se retira la muestra del agua, para lo que en caso de ser necesario se usa un tamiz IRAM N°200. Luego se extiende el material húmedo en una bandeja plana, para que se seque al aire a temperatura ambiente, removiéndola con frecuencia en su totalidad para asegurar un secado uniforme. Proceso que se continúa hasta notar que las partículas están próximas a correr libremente (Foto N°11 b).
7. Para corroborar que está en condición de saturado a superficie seca, se usa el molde metálico cónico. Se introduce en el material y apisona suave el agregado hasta llegar a llenar el nivel del molde con 25 golpes, usando un pisón metálico. Se levanta verticalmente el molde y se observa: si el material retiene la forma de dicho molde, no se ha llegado a la humedad superficial requerida, por lo que debe mezclarse nuevamente todo el material y continuar secándolo, hasta que al desmoldar el cono el material se desmorone, considerando que se ha llegado a la condición de humedad saturada a superficie seca (Foto N°11 c).
8. A continuación, se pesan 100 gr de muestra y se colocan en el matraz, en el cual se han agregado con anterioridad 200 cm³ de agua a 20 °C. Continuando se agrega agua hasta casi enrasar el matraz, haciendo rodar el mismo, para eliminar totalmente las burbujas de aire. Se deja reposar 1 hora (Foto N°11 d). Después de ello, se agrega el agua restante hasta enrasar y se anota el volumen total del agua agregada al matraz, lo que se designa como volumen **Va** (Foto N°11 e).

9. Se retira todo el material del matraz, se coloca en un recipiente y se seca en estufa, hasta peso constante. Luego de enfriado se pesa nuevamente designando al valor resultante **Ps** (Foto N°11 d).



Foto N° 11 – (a) 1000 gr de muestra humedecida 24 hs. (b) Muestra esparcida en latas rectangulares metálicas para iniciar el proceso de secado al aire. (c) Cono metálico para probar la humedad requerida. (d) 100 gr de material a humedad seca al aire colocadas mediante un embudo de vidrio en matraz. (e) Matraz enrazado, cuyo volumen se anota como V_a . (f) Se trasvasa el material y se seca a volumen constante hasta peso constante, dato que se anota como P_s .

3.1.3.2.1.7.3 Cálculos

Para determinar estos parámetros en cuenta los se tuvieron pesos iniciales del material a clasificar y los volúmenes de matraces usados para cada ensayo, los mismos se describen en la Tabla N°17.

Muestra	Peso de muestra saturada a humedad ambiente (gr)	Volumen del matraz (ml)
LG10	100	500
LG13	100	250
RLJ3	150	500
PAg2	100	500
PAD14	100	250

Tabla N° 17 – Valores inicialmente tomados en cuenta para realizar los calculo y poder determinar el Peso Específico Aparente y la Absorción de los agregados pétreos finos.

Para calcular estos parámetros se utilizaron las fórmulas detalladas a continuación y se obtuvieron los valores establecidos en el Anexo (Tabla N°6):

a. Peso Específico Aparente:

$$P.E.A = \frac{Ps}{(Vm - Va) - (P - Ps)}$$

Donde: **P.E.A** = Peso específico aparente.

Ps = Peso de la muestra seca en estufa a peso constante, en gramos.

Vm = Volumen del matraz, en mililitros.

Va = Volumen total del agua contenida en el matraz, en mililitros.

P = Peso de muestra saturada a humedad ambiente, en gramos. Para este ensayo se pesan cantidades de material que dependen de la capacidad del matraz usado. Según la Norma establecida utiliza un valor inicial de 500 gramos, los cuales se vacían en un matraz de 500 mililitros.

b. Peso específico del agregado seco:

$$P.E.A \text{ sat.} = \frac{Ps}{(Vm - Va)}$$

c. Peso específico del agregado saturado:

$$P.E.A \text{ Sat.} = \frac{500}{(Vm - Va)}$$

d. Absorción a 24 horas:

$$A\% = \frac{P - Ps}{Ps} \times 100$$

3.1.3.2.1.8 DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES TOTALES EN UN SUELO

3.1.3.2.1.8.1 Materiales usados

- Tamices IRAM N° 4, N° 10 y N° 40.
- Mortero de porcelana con pilón de medidas corrientes.
- Recipiente de vidrio de boca ancha de 1 litro de capacidad, con varilla de vidrio agitador.
- Matraz o probeta aforado de 500 cm³.
- Balanza de capacidad de 5 a 10 kilos, con sensibilidad al 0,1 gramo.
- Balanza de precisión al 0,001 gramo.
- Pipeta de 100 cm³, 25 cm³ y Pipeta graduada de 10 cm³.

- Vasos de precipitación de 250 cm³.
- Papel de filtro de velocidad de filtración lenta.
- Crisol calcinado.
- Papel tornasol azul.
- Piseta de 500 cm³, con cuello aislado con hilo de amianto.
- Cápsula de porcelana de 130 – 150 cm³.
- Elementos varios de uso corrientes, bandejas para mezclar el material, cucharas, espátulas, estufa para secado de muestras, etc.

3.1.3.2.1.8.2 Reactivos

- Solución N°1: 50 cm³ de ácido clorhídrico concentrado, diluido en 500 cm³ de agua destilada.
- Solución N°2: 5 gr de cloruro de bario disuelto en 100 cm³ de agua destilada.

3.1.3.2.1.8.3 Procedimiento – Norma VN-E18-89

1. Se pesan inicialmente 1 kg de muestra a ensayar, se pulveriza y homogeneiza la misma luego se tamiza en tamiz IRAM N° 10 y se usan para el ensayo 150 gr del pasante. Se tamiza dicha muestra en tamiz IRAM N° 40 y al pasante se lleva a la estufa durante 2 horas. Se deja enfriar y se pesa 100 gr de material seco, se coloca en un recipiente de vidrio de boca ancha perfectamente seco (Foto N°12 a, b), al cual se agregan lentamente 500 cm³ de agua destilada, medidos en un matraz aforado o en una probeta de 500 cm³, removiendo simultánea y cuidadosamente la mezcla con una varilla de vidrio para evitar la formación de grumos (Foto N°12 c).
2. Se agita con la varilla de vidrio enérgicamente todo el contenido del recipiente, durante 5 minutos. Se tapa y se deja en reposo hasta el día siguiente (Foto N°12 d, e). Consideraciones: suelos salinos, al día siguiente de realizada la operación anterior, presentan el agua totalmente clara y limpia, sin material en suspensión. Caso contrario, cuando el suelo tiene muy bajo contenido de sales, el agua se presenta turbia con partículas en suspensión lo que indica que no está floculado. En este último caso, no se continúa el ensayo y se informa “No flocula”, lo que significa que el contenido de sales solubles es inferior al 0,1.
3. Del líquido claro que aparece por encima del suelo sedimentado, se extraen con una pipeta, teniendo cuidado de no agitar las partículas de suelo del fondo del recipiente, 100 cm³ y se vierten en una cápsula tarada en balanza de precisión al 0,001 gr, previamente seca, durante media hora, valor que se llama **T** (Foto N°12 f, g, h, i). Inmediatamente se coloca la cápsula con su contenido en baño María, hasta que se evapora totalmente el líquido. Se deja enfriar y se pesa nuevamente, valor llamado **P**. (Foto N°12 j).



Foto N° 12 – Procedimiento para determinar el contenido de sales solubles en las muestras.

3.1.3.2.1.8.4 Cálculos

Para determinar este parámetro se utilizó la siguiente fórmula, cuyos resultados se detallan en la Tabla N°30 (Capítulo IV “Resultados”, ítem 4.3.3):

$$PS\% = 5 \times (P - T)$$

Donde: PS % = Porcentaje de sal en por ciento de suelo seco.

T = Tara de la capsula, en gramos.

P = Peso de la capsula más sal, en gramos.

3.1.3.2.1.9 DETERMINACIÓN DE SULFATOS SOLUBLES EN UN SUELO

Este procedimiento NO se realizó debido a que, en la práctica la solución de reposo demostró las condiciones de un suelo no salino (Foto N°12 e).

3.1.3.2.2 PROPIEDADES QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS DE LOS AGREGADOS

Los ensayos de Análisis Químico y resultados del Porcentaje del Índice de Actividad Puzolánica, obtenidos en laboratorio (Loma Negra), se detallan en el Anexo (Tablas N°7 y N°8). Mientras que el análisis de grano suelto y de caracterización según esfericidad y redondez de los agregados granulares se detallan a continuación:

3.1.3.2.2.1 GRANO SUELTO

Los parámetros que se tienen en cuenta a la hora de describir microscópicamente una muestra sedimentaria clástica son los siguientes: color, granulometría, selección, redondez, minerales primarios, secundarios y accesorios, matriz, consolidación y porosidad visual. El reconocimiento de los minerales se llevó a cabo usando un microscopio petrográfico, pues los mismos no pudieron ser reconocidos a ojo desnudo.

3.1.3.2.2.1.1 Materiales utilizados

- Mortero de porcelana con pilón de medidas corrientes.
- Bálsamo de Canadá, cuyo índice de refracción ($n = 1,55$) es similar al del vidrio Crown.
- Pinza metálica.
- Portaobjeto y cubre Objeto, de medidas estándar.
- Microscopio Petrográfico o de Luz Polarizada (Foto N°13 b).
- Objetivo de aumento N°4/0,10.
- Cámara fotográfica.

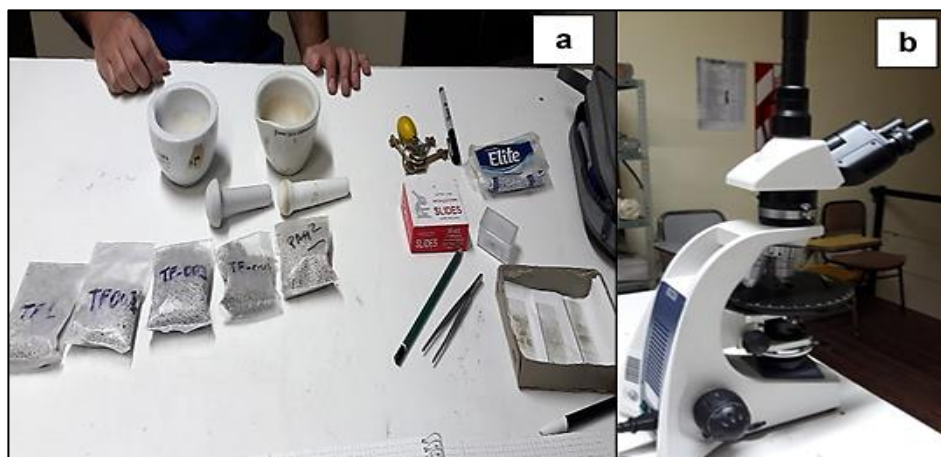


Foto N° 13 – Materiales usados para realizar el ensayo.

3.1.3.2.2.1.2 Procedimiento

1. Se selecciona una medida arbitraria de material a analizar. Se coloca dentro de un mortero de porcelana y se procede a reducir su tamaño del grano (Foto N°14 a y b). Luego se esparce con la ayuda de una pinza metálica sobre un portaobjeto, un poco de material a analizar, sobre el cual previamente, se untó una capa uniforme de bálsamo de Canadá. A continuación, se recubre el material colocando un cubreobjetos, para proteger la muestra de una posible contaminación.
2. Se procede a nombrar el corte delgado y analizar las características ópticas de cada mineral presente en la muestra, con ayuda del microscopio de luz polarizada. Se utilizan

los tornillos macro y micrométricos para ajustar la posición de la platina y así enfocar la misma (Foto N°14 c, d, e, f).

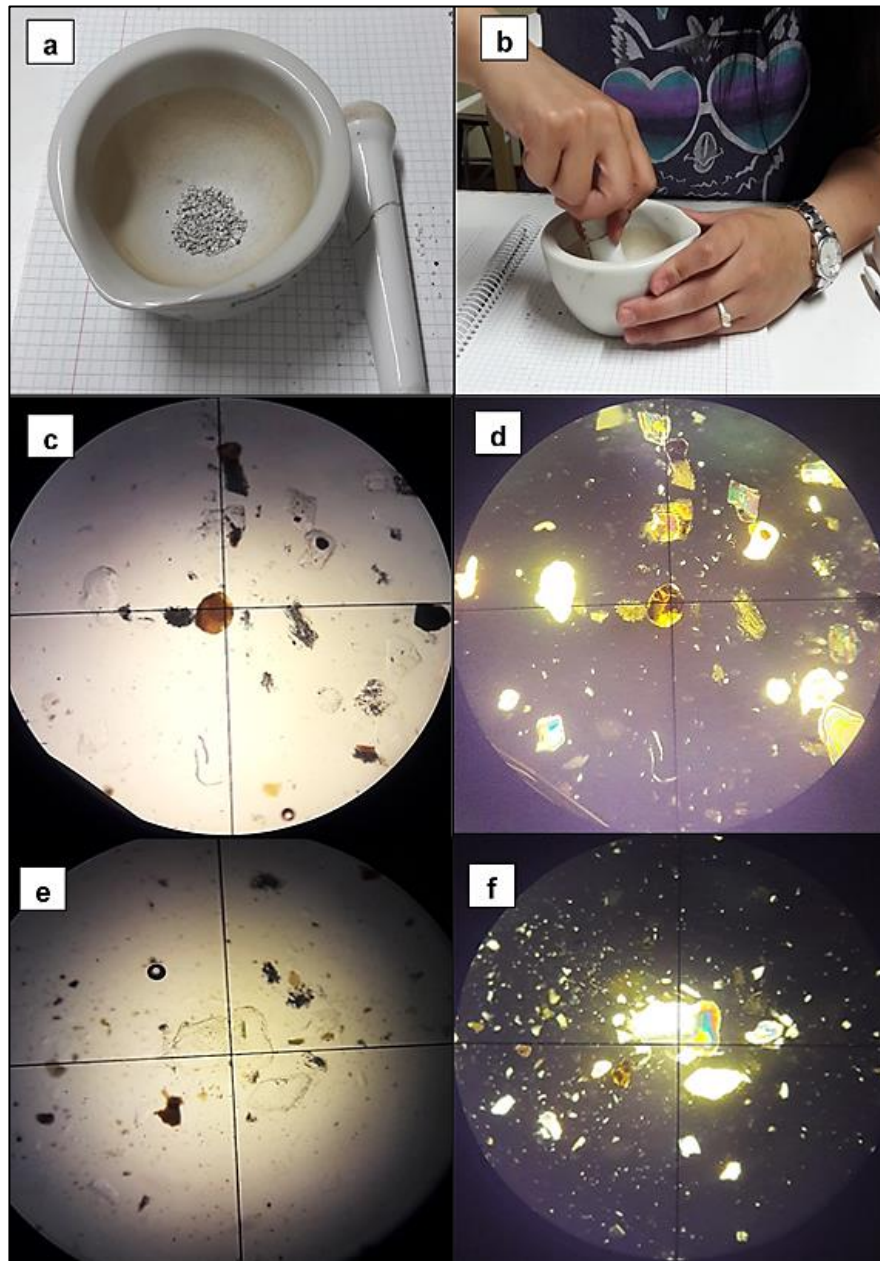


Foto N° 14 – (a)y(b) Preparación de la muestra para análisis. (c)y(e) Vista microscópica sin analizador. (d)y(f) Vista microscópica con analizador.

3.1.3.2.2 ESFERICIDAD Y REDONDEZ DE LOS AGREGADOS GRANULARES

3.1.3.2.2.1 Materiales

- Lupa binocular.
- Pinza metálica.
- Recipientes plásticos para colocar el material.
- Lápiz rallador imantado y lupa de mano.
- Grafica Patrón para evaluar las partículas de forma granular (Krumbein & Sloss, 1963).

- Planilla Patrón para estimación visual de los porcentajes, tomado de Comptom R. (1962) (Anexo: Tabla N°9).

3.1.3.2.2.2 Procedimiento

1. Se toma una medida arbitraria de material, previamente seleccionado por tamaños según tamices IRAM del análisis granulométrico, utilizando una pinza metálica. Se coloca dentro de un recipiente plástico (Foto N°15) y con ayuda de una lupa, se procede a estimar visualmente los porcentajes presentes en cada tamiz, de cada clasto o fragmento para tener un valor estimado de los mismos (Foto N°16).
2. A continuación, se elige un grupo de especímenes piroclásticos, con la pinza metálica y mediante comparación visual se ubica, cada fragmento en el dominio correspondiente de la gráfica Patrón para evaluar las partículas de forma granular (Krumbein & Sloss, 1963). Se anota los valores de esfericidad y redondez correspondiente (Foto N°17).

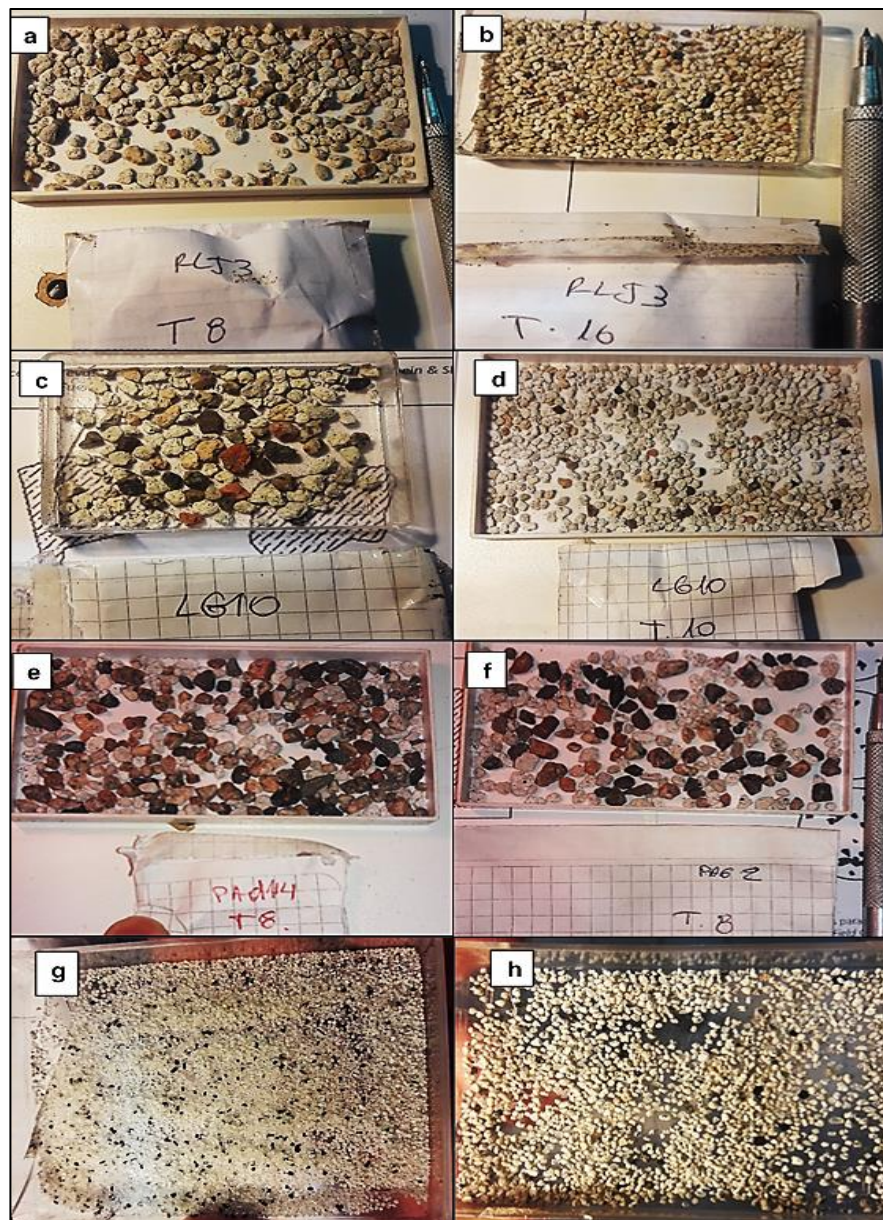


Foto N° 15 – Material muestreado resultante del análisis granulométrico, diferenciado según el tamaño de tamices IRAM.

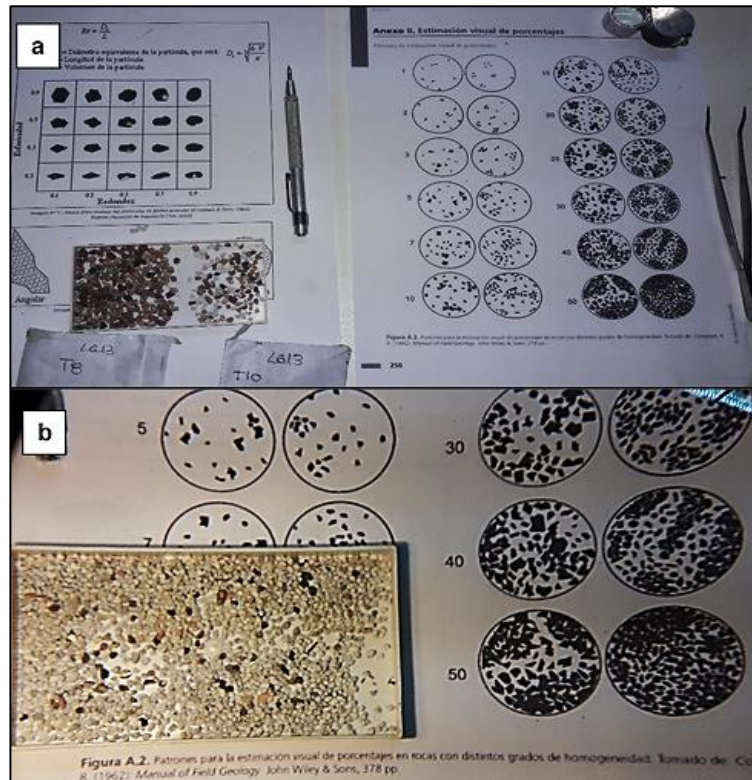


Foto N° 16 – Estimación visual de los porcentajes según la planilla patrón de Compton R., (1962).

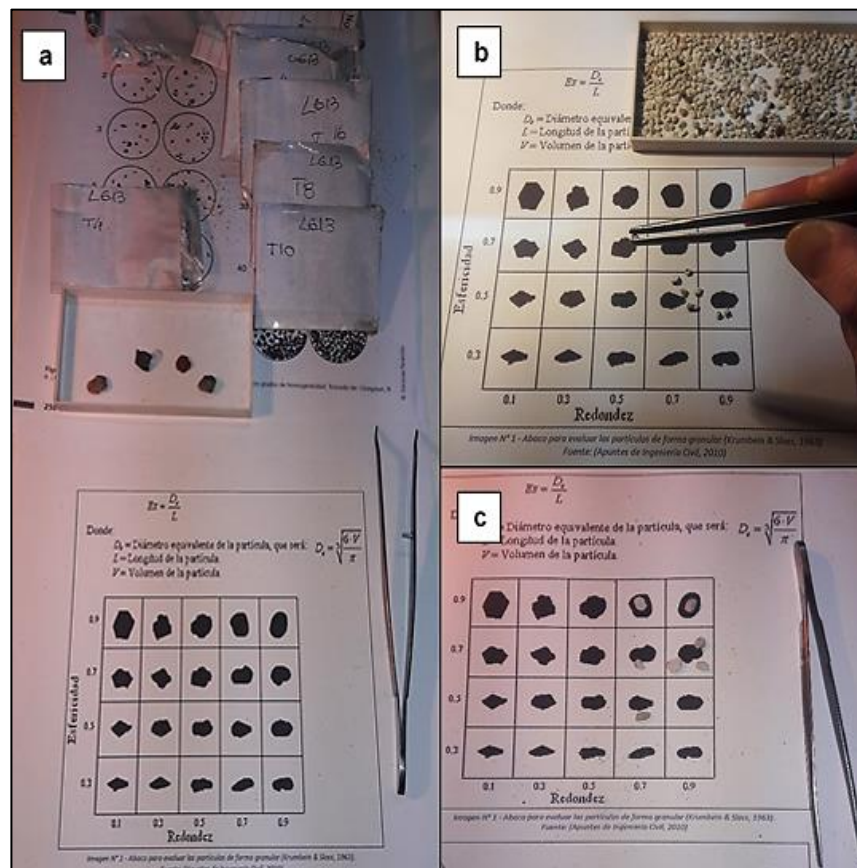


Foto N° 17 – Estimación visual de las partículas según parámetros de esfericidad y redondez mediante la planilla patrón de Krumbein & Sloss, (1963).

Siguiendo esta técnica se obtuvieron valores promedios de esfericidad y redondez descriptos para cada muestra en el ítem 4.3.2 del Capítulo IV “Resultados”, descriptos en las tablas ubicadas en el Anexo (Tablas N°10, N°11, N°12, N°13 y N°14).

3.1.3.3 ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES DE HORMIGÓN

Una vez realizados todos los estudios previos sobre el material de las diferentes canteras, se procede a determinar las proporciones en peso necesarias de granulado pómez (en condición natural, suelto), cemento (tipo HOLCIM CPC-40 y Loma Negra CP-30) y agua, para elaborar los pastones, cuya dosificación fue planteada con el 15% y el 20 % de cemento, con el fin de moldear los bloques de hormigón.

Los bloques elaborados se realizaron usando dos Métodos diferentes. El primero mediante el uso de un molde de corte manual y el segundo, usando una bloquera ponedora semiautomática, que consta de un vibrador accionado por un motor eléctrico pequeño, que funciona con un pisón de mano motorizado de manera hidráulica el cual comprime los bloques de hormigón.

En ambos métodos, se vertió la mezcla de hormigón fresco en los moldes a mano, los cuales una vez moldeados, fueron cortados sobre una plataforma firme y posteriormente se curaron rociándolos con agua dos (2) veces al día durante 48 horas. Los mismos se dejaron secar reposando por el tiempo mínimo de 14 días. Después de ello se realizó el ensayo de prueba industrial, donde se determinó la resistencia a compresión promedio de los mismos.

3.1.3.3.1 MÉTODO MANUAL: USO DE MOLDE METÁLICO (CANTERA GUIDO MOGUETA)

3.1.3.3.1.1 MATERIALES USADOS

- Molde metálico, para elaborar un block tipo gafa, con dos orificios interiores, y dimensiones estándar medidas en cm 15x20x40 (Foto N°18).
- Probeta de 100 y 500 ml, cantidad de agua (ml) requerida en la mezcla.
- Recipiente metálico de capacidad, en volumen, igual a 860 ml. Usado para agregar los materiales secos a la mezcla (granulado pómez y cemento).
- Pala metálica y cuchara de albañil.
- Recipiente metálico rectangular y redondo.
- Aerosol color rojo, para marcar los bloques realizados según dosificación y cantera.



Foto N° 18 – Materiales usados para elaborar los bloques de hormigón con molde metálico.

3.1.3.3.1.2 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN

1. Se descarga el material de cantera de la bolsa de muestreo (Foto N°19 a). Luego se procede a cargar un recipiente metálico, con cada material (granulado pómez y cemento), posteriormente, se vacía dicho volumen en un molde cuadrado metálico donde se mezcla y homogeneiza en seco, usando una pala de albañil (Foto N°19 b, c). A continuación, se llena una probeta de 500 ml, con la cantidad de agua requerida, pudiendo trasvasar el contenido a otra, de menor capacidad, para mayor facilidad de manipulación y humedecer así, en rangos más controlados, la mezcla sin pasar el límite de trabajabilidad pretendido (Foto N°19 d, e y f).
2. Luego se llena el molde metálico, usando una cuchara de albañil, golpeándolo cada tanto, contra el suelo para acomodar el material. Una vez lleno, se procede a “cortar” y desmoldar el bloque de hormigón en una zona donde no corra ningún riesgo de rotura. Una vez desmoldado se marca el bloque, con un aerosol, según la referencia especificada para cada cantera y se deja fraguar (Foto N°20 a, b, c, d, e).
3. El proceso de curado se realizó con riego utilizando una manguera, en ciclos de 2 veces por día, al cabo de 4 días consecutivos (Foto N°20 f, g). Una vez listos (pasados 36 días de elaboración en cantera), se trasladaron al laboratorio de Vialidad Provincial y se efectuó el ensayo de rotura correspondiente.



Foto N° 19 – Proceso de elaboración de los bloques de hormigón. (a) Descarga de material de cantera. (b) Medida de cemento usando el recipiente cuya capacidad es 860 ml. (c) y (d) Mezcla y homogeneización de los materiales secos. (e) y (f) Humedecimiento de la mezcla de hormigón.



Foto N° 20 – Proceso de elaboración de los bloques de hormigón. (a) y (b) Llenado y compactado del molde. (c), (d) y (e) Proceso de desmolde del material. (f) Humedecimiento de los bloques elaborados. (g) bloques terminados en cantera.

3.1.3.3.1.3 DOSIFICACIONES Y CÁLCULOS REALIZADOS

La cantidad de recipientes usados en cada mezcla, fueron los siguientes:

- CLG1: 2 Block huecos de Hormigón. Granulado Pómez: 8 unid. Cemento: 1^{1/2} unid. Agua: 13 probetas de 100 ml.
- CLG15: 2 Block Huecos de Hormigón. Granulado Pómez: 9 unid. Cemento: 1^{1/2} unid. Agua: 15 probetas de 100 ml.
- Mezcla CLG15/CLG18: 1 Block Huecos. Granulado Pómez: 9 unid. Cemento: 1^{1/8} unid. Agua: 15 probetas de 100 ml.
- CLG18: 3 Block huecos de Hormigón. Granulado Pómez: 9 unid. Cemento: 1^{1/2} unid. Agua: 15 probetas de 100 ml.



- LJC1: 3 Block Huecos de Hormigón. Granulado Pómez: 8 unid. Cemento: 1^{1/2} unid. Agua: 9 probetas de 100 ml.
- Mezcla PAd2/PAb3: 3 Block Huecos de Hormigón. Granulado Pómez: 8 unid. Cemento: 1^{1/2} unid. Agua: 10 probetas de 100 ml.

a) Peso del material. Como en el proceso de elaboración de estos bloques de hormigón no se pesó la cantidad de material utilizado, sino que se tuvo en cuenta la cantidad de recipientes vaciados en el proceso (de volumen es conocido), fue preciso determinar la cantidad en peso que se agregó de cada material a la mezcla. Para esto se usó la fórmula de la densidad, de la cual posteriormente se despeja la variable masa en gramos, para saber la proporción en peso real que fue usada, de cada material, en la elaboración cada pastón.

$$\delta = \frac{m}{V}, \quad \text{Donde luego se despeja: } m = \delta \times V$$

$$m (\text{cemento}) = \delta \times (\text{Cant. de recipiente} \times \text{Capacidad del mismo (gr/cm}^3))$$

b) Peso total de la muestra:

$$m \text{ total del pastón} = m (\text{cemento}) + m (\text{granulado})$$

c) Porcentaje de Cemento de cada pastón:

$$\% \text{ Cemento} = \frac{\text{Peso Cemento (m)} \times 100}{\text{Peso Total de la mezcla (gr)}}$$

d) Porcentaje de Granulado Pómez de cada pastón:

$$\% \text{ Cemento} = \frac{\text{Peso Granulado Pomez (m)} \times 100}{\text{Peso Total de la mezcla (gr)}}$$

e) Relación de Agua/Cemento:

$$\text{Relacion Agua/ Cemento} = \frac{\text{Peso cemento (m)}}{\text{Peso calculado de agua (m)}}$$

Donde: δ = Densidad del material usado. Cemento en polvo: 1,3 g/cm³, Agua: 1 g/cm³. Para cada densidad de material de cantera se usó el valor de la densidad aparente suelta determinada en laboratorio.

m = Masa de cada material, en gramos.

V = Volumen de cada material, en mililitros.

Con los resultados de las formulas anteriores se realizaron las mezclas según las dosificaciones detalladas en la Tabla N°18, donde se establecen los volúmenes en peso de cada material por pastón. Mientras que en la Tabla N°19, se muestran las concentraciones porcentuales en las que participan los materiales y la relación agua/cemento requerida para cada mezcla.

PRIMEROS BLOQUES DE HORMIGÓN			
Granulado Pómez			
Muestra (Cantera)	δ del Material (gr/cm ³)	Cantidad de recipientes usados x Capacidad del mismo (g/cm ³)	Peso (gr)
CLG1	1,02	6880	7017,6
CLG15	0,74	7740	5727,6
Mezcla CLG1/CLG15	1,00	7740	7740,0
CLG18	1,26	7740	9752,4
LJC1	0,99	6880	6811,2
Mezcla PAd2/PAb3	0,92	6880	6329,6
Cemento			
CLG1	1,3	1290	1677,0
CLG15		1290	1677,0
Mezcla CLG1/CLG15		1505	1956,5
CLG18		1290	1677,0
LJC1		1290	1677,0
Mezcla PAd2/PAb3		1290	1677,0
Agua			
CLG1	1,00	1300	1300
CLG15		1500	1500
Mezcla CLG1/CLG15		1500	1500
CLG18		1500	1500
LJC1		900	900
Mezcla PAd2/PAb3		1000	1000

Tabla N° 18 - Volúmenes en peso de cada material usados para elaborar la mezcla.

Muestra (Cantera)	Simb. de ref.	Peso Total de la mezcla (gr)(Gp+C)	% Cemento	% Garnulado Pomez	Relacion Agua/Cemento	Cant. de bloques realizados por Cantera
CLG1	—	8694,6	19,29	80,71	0,78	2
CLG15	●	7404,6	22,65	77,35	0,89	2
Mezcla CLG1/CLG15	15/18	9696,5	20,18	79,82	0,77	1
CLG18	X	11429,4	14,67	85,33	0,89	3
LJC1	▲	8488,2	19,76	80,24	0,54	3
Mezcla PAd2/PAb3	I	8006,6	20,95	79,05	0,60	3

Tabla N° 19 – Relación porcentual en la que participa cada agregado en la mezcla y Valor de la relación Agua/Cemento requerida en términos de trabajabilidad y consistencia de la pasta de hormigón.

3.1.3.3.2 MÉTODO SEMIAUTOMÁTICO: USO DE MÁQUINA BLOQUERA PONEDORA (BLOQUERA DEL SINDICATO DE TRABAJADORES VIALES DE CATAMARCA)

3.1.3.3.2.1 MATERIALES USADOS

- Balanza de capacidad de 20 kilos.
- Bolsas de muestreo.
- Cinta de embalar y marcadores para rotulado.
- Pala metálica de mano, pala con mango de madera.
- Maquina hormigonera eléctrica.
- Balde de albañil, carretilla metálica cargadora, ambos de medidas estándar.
- Bloquera tipo ponedora con motor monofásico, con una capacidad de corte de 4 bloques, de medida en cm 15x18x20 (ancho, alto y largo).
- Recipiente de plástico tarado, para agregar el volumen de agua según la relación A/C.
- Aerosol color negro, usado para diferenciar los bloques realizados, por dosificación y cantera.

3.1.3.3.2 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN

1. Se pesa mediante una balanza de capacidad mínima de 20 kg, la cantidad de material (granulado pómez y cemento) requerido por pastón, estas se embalan y rotulan para ser transportadas sin perder material, hacia la bloquera. Luego se procede a marcar y medir un recipiente de plástico (botella), con el que se controlara el volumen de agua requerido para realizar cada mezcla, en lecturas de 250 ml cada una (Foto N°21).
2. A continuación, se abren y vacían, en baldes de albañil o directamente hacia la maquina hormigonera, las bolsas rotuladas con igual valor de dosificación, para realizar la correspondiente mezcla por cantera. Inmediatamente se homogeneizan los materiales en seco (granulado pómez y cemento). Luego se carga el recipiente plástico con el volumen de agua requerido y se agrega a la mezcla continuando el mezclando hasta humedecer toda la pasta. Si se llegó a condición de trabajabilidad necesaria con dicho contenido de agua, se para el suministro y se procede a vaciar el pastón en una carretilla metálica para ser llevado hasta la maquina bloquera; caso contrario, se agrega más agua hasta cumplir con lo anteriormente dicho (Foto N°21).
3. Se trasvasa desde la carretilla con una pala metálica de cabo, la pasta hacia el molde de carga de la bloquera semiautomática, ya encendida. Seguido, se “empuja” la pasta hacia el molde, para recibir una primera compactación y acomodo por vibración de la máquina. Cuando los moldes de la misma se encuentran llenos, se procede a realizar una segunda compactación manual, descendiendo el brazo compactador las veces que sea necesario. Este proceso dura aproximadamente unos 5 minutos (Foto N°22 a, b c, d).
4. Pasado este tiempo se procede a levantar el molde y correr la máquina, dejando los bloques elaborados listos para fraguar y curar. Seguido se usa un aerosol para marcar con la referencia adecuada a cada juego de bloques elaborados con dicha dosificación (Foto N°23 e).
5. Se repite el proceso 2 veces por cada cantera, hasta finalizar. Se realizaron 38 bloques de hormigón, los cuales después de curados fueron trasladados al laboratorio de vialidad para realizar el ensayo de compresión requerido (Foto N°23 f).



Foto N° 21 – Pesado y embalado del material necesario para elaborar cada pastón. (a) y (c) Rotulado y pesado de granulado pómez. (b) Pesado y rotulado del cemento.



Foto N° 22 – Procedimiento de elaboración de los bloques de hormigón. (a), (b) y (c) Vaciado y trasvase de material hacia la hormigonera. (d) Agregado de agua a la mezcla. (e) Mezcla, homogenización y elaboración del pastón, la cual se vacía en una carretilla metálica para ser trasladada a la maquina bloquera.

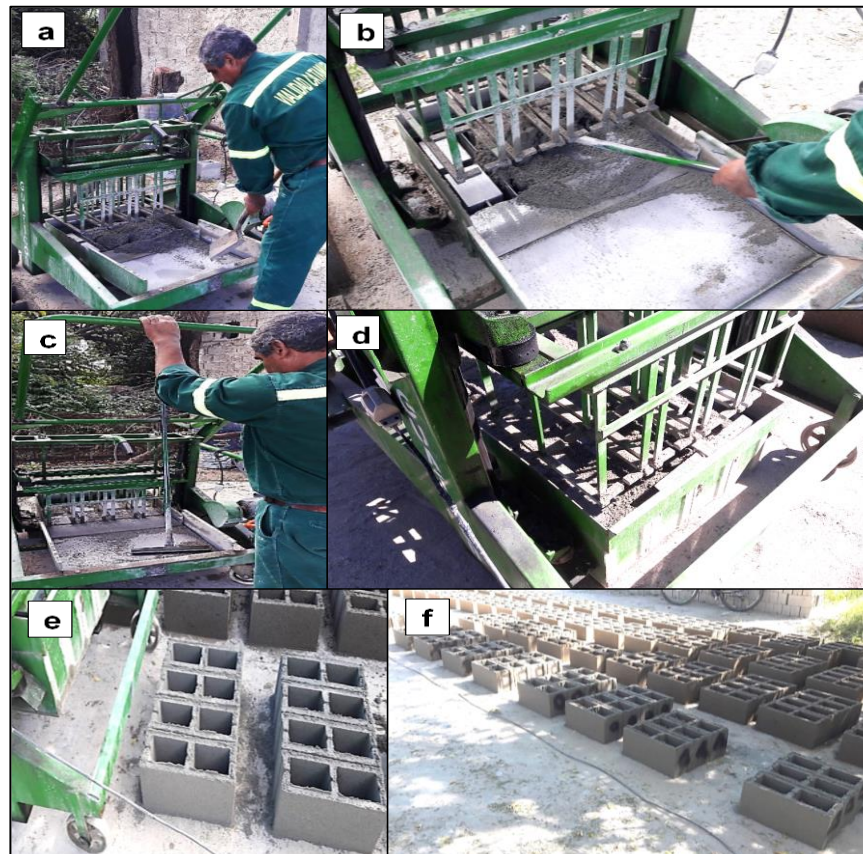


Foto N° 23 – Procedimiento de elaboración de los bloques de hormigón. (a) traspaso del material desde la carretilla al recipiente contenedor de la bloquera. (b) Se llena y reparte la mezcla en los moldes de la bloquera. (c) Segunda compresión manual de la bloquera. (d) y (e) Proceso de desmolde de los bloques. Agregado de agua a la mezcla. (f) Bloques elaborados (en total 36 unidades).

3.1.3.3.2.3 DOSIFICACIONES Y CÁLCULOS REALIZADOS

Para realizar la segunda dosificación y poder elaborar los bloques de hormigón requeridos, se tuvo en cuenta como dato previo, el peso total de los bloques realizados por cantera con el método anterior, dato útil para estimar la masa total necesaria para realizar dos (2) pastones con proporciones de cemento diferente (en dosificaciones con 15% y 20%). Se tuvo presente esto, debido a la poca cantidad de material con la que se disponía de cada cantera, necesario para realizar como mínimo, tres (3) unidades de hormigón y poder evaluar cuantitativamente la resistencia efectiva de cada mezcla. El peso total requerido para elaborar un (1) bloque de hormigón fue de más o menos 10 kg cada uno, por lo que se consideró un peso total de 30 kg aproximadamente por pastón, para cada dosificación de cemento.

Cada pastón elaborado mantuvo fija la relación agua/cemento (valor igual 0,5; establecido en términos de trabajabilidad y óptima consistencia de la pasta de hormigón). Obteniéndose así, (despejando de la fórmula: A/C), la cantidad de agua necesaria para elaborar cada mezcla (Tabla N°20).

SEGUNDOS BLOQUES DE HORMIGÓN								
Muestra (Cantera)	Simb. de ref.	Peso Total de la mezcla (Kg)(Gp+C)	% Cemento	Relacion Agua/Cemento	Peso del Cemento (gr)	Peso del Granulado Pomez (gr)	Cantidad de agua (ml)	Cant. de bloques realizados por pastón
LG9/LG10	○	30	15	0,50	4500	25500	2250	3
	●		20		6000	24000	3000	3
LG12/LG13	△	30	15	0,50	4500	25500	2250	4
	▲		20		6000	24000	3000	4
RLJ3/RLJ4	X	30	15	0,50	4500	25500	2250	4
	⊗		20		6000	24000	3000	4
PAG2 (Sur)	□	30	15	0,50	4500	25500	2250	4
	■		20		6000	24000	3000	4
PAG14 (Norte)	∩	20	15	0,50	3000	17000	1500	3
	∪		10		2000	18000	1000	3

Tabla N° 20 - Relación porcentual en la que participa cada agregado en la mezcla.

a) Para determinar el Peso del Cemento:

$$m(\text{Cemento}) = \frac{\text{Peso Total de la mezcla (kg)} \times \% \text{ Cemento}}{100} \times 1000$$

b) Para determinar el Peso del Granulado Pómez:

$$m(\text{Granulado}) = (\text{Peso Total de la mezcla (kg)} \times 1000) - \% \text{ Cemento}$$

c) Para determinar el Volumen de Agua:

$$\text{Relacion} \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}} = 0,5, \quad \text{De donde se despeja, Agua} = 0,5 \times \% \text{ Cemento}$$

Donde: **m** = Masa del material, en gramos.

3.1.3.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES DE HORMIGÓN

Este ensayo tiene por objetivo determinar la resistencia a la compresión de los bloques huecos realizados con mezclas compactadas de agregado pómez y cemento.

3.1.3.4.1 EQUIPO DE TRABAJO

- Balanza 20 kg de capacidad, con sensibilidad mínima de 1 gramo.
- 2 placas planas de metal de aproximadamente 45 cm x 20cm (largo x ancho).
- Dispositivo para compresión (Prensa hidráulica).
- Aro dinamométrico de 5000 kg (factor de carga 17,86 kg) y de 500 toneladas (el factor de carga se determinó según unas planillas estándar).
- Flexímetro.
- Cinta métrica.

3.1.3.4.2 PROCEDIMIENTO

1. Inicialmente se procedió a realizar la medición de los parámetros establecidos en las Tablas N°31 y N°32 (Capítulo IV “Resultados”, ítem 4.4), que corresponden a las medidas del alto, largo exterior, ancho exterior, largo interior de los orificios, ancho interior del orificio, peso de cada bloque (Foto N°24).
2. Luego se procede a acondicionar la máquina de compresión, a la cual se adosa un aro de carga según sea la prensa, posteriormente se acopla un flexímetro para leer la medida de compresión efectuada hasta que el mismo se rompe (Foto N°25).
3. Se procede a colocar el bloque a ensayar en la prensa hidráulica. Primero se acopla una placa de metal de medidas ya especificadas, luego el bloque de hormigón y sobre él la placa metálica restante, para efectuar una distribución de cargas pareja sobre toda la superficie del bloque.
4. Seguido, se ajusta a cero el flexímetro del aro dinamométrico antes de iniciar el ensayo, y se procede a comprimir hasta que la medida del flexímetro desciende bruscamente y el bloque se rompe o fisura (Foto N°26). En ese momento se lee el intervalo al que se produjo la rotura y se anotan los datos en la planilla de cálculo.



Foto N° 24 – (a) Bloques realizados usando un molde metálico y corte manual. (b) Bloques realizados usando bloquera eléctrica. (c), (d) y (e) Medición de parámetros de cada unidad de hormigón realizada.

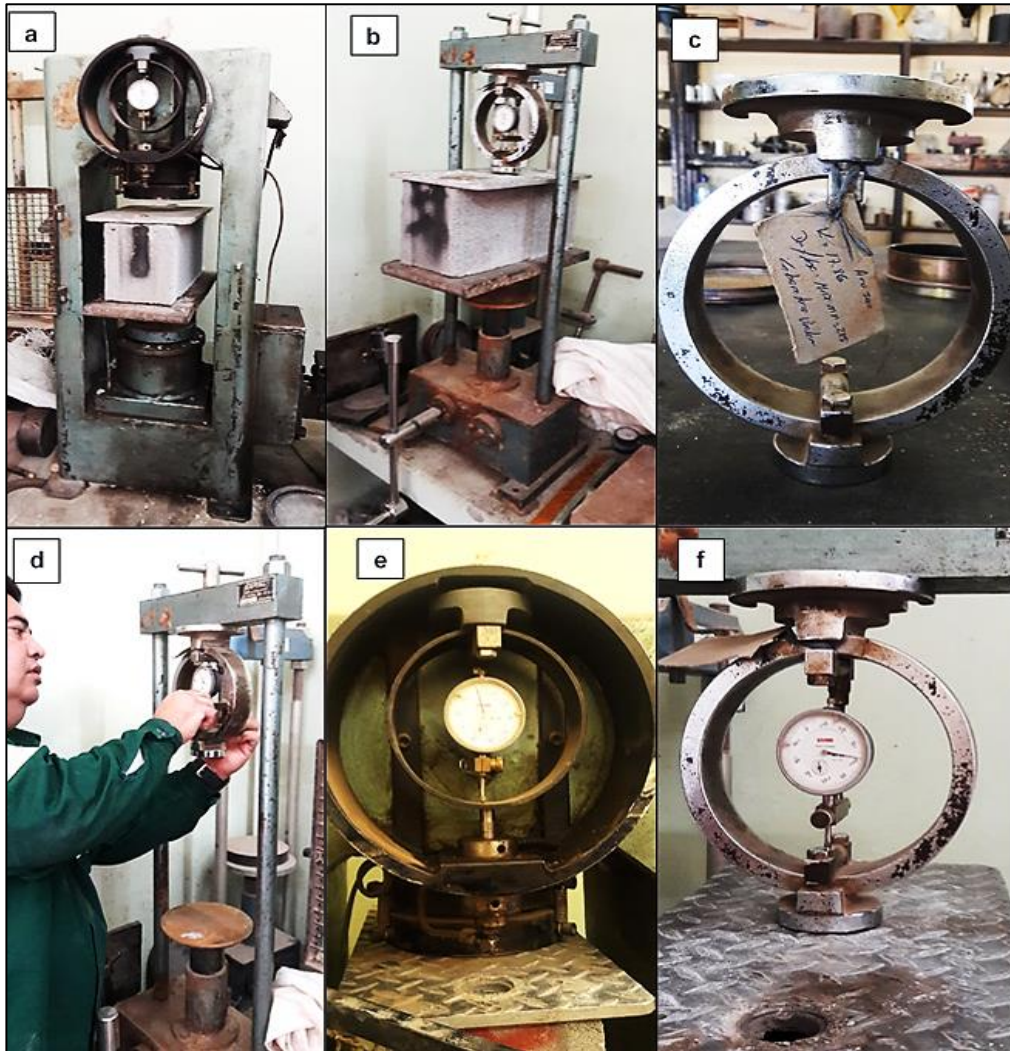


Foto N° 25 – (a) y (b) Máquinas de compresión hidráulica. (c) Aro de carga de la prensa hidráulica detallada en foto (b). (d) Acople de aro de carga y flexímetro a la prensa. (e) y (d) Aro y flexímetro acoplado a la respectiva prensa.

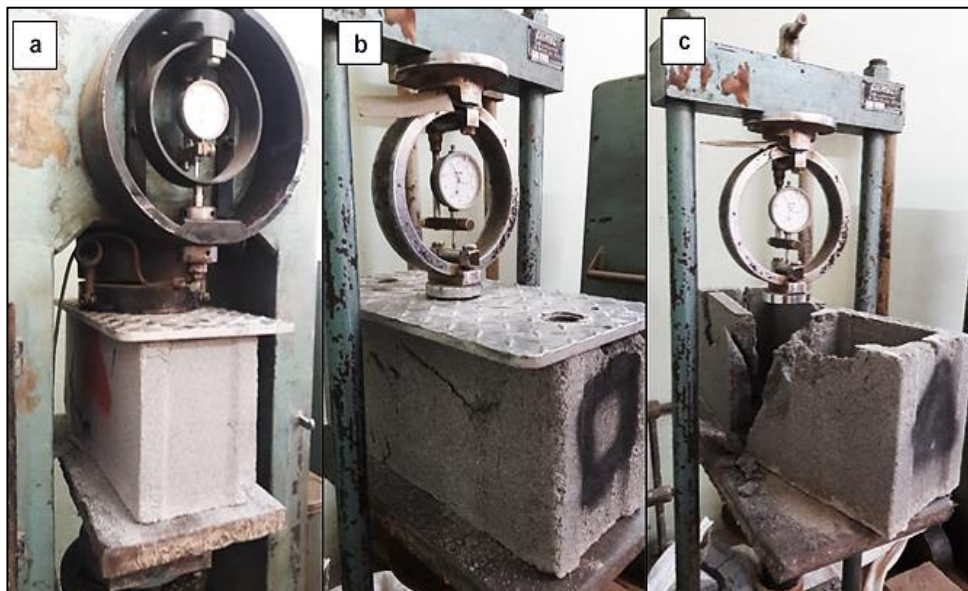


Foto N° 26 – Ensayos de carga realizados.



3.1.3.4.3 CÁLCULOS

Las fórmulas usadas para obtener los valores de superficie exterior, interior y efectiva y la carga efectiva de corte (Tablas N°31 y N°32, Capítulo IV “Resultados”, ítem 4.4) con la que se efectuó la rotura de los bloques realizados se detallan a continuación:

- a) Para determinar la Superficie Exterior de cada bloque:

$$\text{Sup. Exterior (cm}^2\text{)} = \text{Longitud Exterior (cm)} \times \text{Ancho Exterior (cm)}$$

- b) Para determinar la Superficie Interior de cada bloque:

$$\text{Sup. Interior (cm}^2\text{)} = [\text{Longitud Interior (cm)} \times \text{Ancho Interior (cm)}] \times 2$$

- c) Para determinar la Superficie Efectiva de cada bloque:

$$\text{Sup. Efectiva (cm}^2\text{)} = \text{Superficie Exterior (cm}^2\text{)} - \text{Superficie Interior (cm}^2\text{)}$$

- d) Para determinar la Carga en toneladas, soportada por cada bloque:

$$\text{Carga (Tn)} = \frac{\text{Lectura del flexímetro} \times \text{Factor del aro (17.86 } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\text{)}}{1000}$$

Nota: Es importante notar que, para calcular los valores de resistencia de cada bloque realizado, se debe multiplicar cada lectura tomada, por el “factor de corrección” (FC) del aro de la prensa corte que se halla usado para cada ensayo. Los resultantes de la prensa cuyo aro dinamométrico es de 500 t¹⁶ (máxima resistencia tolerable), fueron multiplicados por el FC tomado de la tabla estándar, donde le corresponde un FC de 500 kg, para valores de corte cuya lectura fue 1; de 600 kg, para lecturas igual 1,5 y 1.000 kg, para lecturas igual 3. Mientras que los valores resultantes de la prensa de aro dinamométrico de 5.000 kg, se multiplican por un factor de corrección igual a 17,86 kg.

- e) Para determinar la Resistencia Total soportada por cada bloque, en kg/cm²:

$$\text{Resistencia Total} = \left(\frac{\text{Carga}}{\text{Superficie Exterior (cm}^2\text{)}} \right) \times 1000$$

- f) Para determinar la Resistencia Efectiva soportada por cada bloque, en kg/cm²:

$$\text{Resistencia Efectiva} = \left(\frac{\text{Carga}}{\text{Superficie Interior (cm}^2\text{)}} \right) \times 1000$$

- g) La Resistencia Efectiva Promedio a es el valor que se usa para caracterizar a los bloques de hormigón y definen su aptitud. Se determina usando la siguiente formula:

$$\text{Prom. Resistencia} = \frac{\Sigma \text{Resistencias Totales}}{\text{Cantidad de muestras ensayadas}}$$

¹⁶ Símbolo de la unidad de masa “toneladas”, del sistema internacional que es igual a 1.000 kg.

3.1.3.5 MÉTODO DE CUBICACIÓN

El método de relevamiento de datos para determinar de manera estimativa las reservas granulado pómez presente en el área de estudio se detalla en el ítem 2.2.6 del Capítulo II “Marco Teórico”. Luego en gabinete se procedió a cargar los puntos o tracks en el programa Google Earth, donde se visualizaron y determinaron las formas geométricas planteadas en cada cuerpo (Imagen N°10, N°11, N°12, N°13, N°14, N°15 y N°16). Para realizar los cálculos correspondientes se utilizaron las siguientes fórmulas:

- Para determinar el área de los triángulos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$S = \frac{(a + b + c)}{2}$$

$$A = \sqrt{S x (S - a) x (S - b) x (S - c)}$$

Donde: **A** = Área del triángulo, en metros cuadrados (m²).

S = Superficie del triángulo (semiperímetro), en metros cúbicos (m³).

a, b, c = Distancias longitudinales de cada lado de los triángulos, en metros.

- Para determinar el área de los trapecios, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Área} = \frac{B1 + B2}{2} x H$$

Donde: **A** = Área del trapecio, en metros cuadrados (m²).

B1, B2 = Longitud de las bases del trapecio o lados paralelos, en metros.

H = Distancia longitudinal (altura) entre las paralelas, en metros.

- Para determinar el área del terreno, se procedió a sumar el total de las áreas de las figuras que componen la superficie de dicho terreno.

$$\text{Área total} = \Sigma A1 + A2 + A3$$

Donde: **A₁, A₂, A₃** = Corresponden a las superficies de cada área calculada, en metros cuadrados (m²).

- Para determinar el Volumen del área, se utiliza la fórmula siguiente, suponiendo que la superficie de acumulación es un cono o una pirámide, donde:

$$V = \frac{1}{3} x a x b x d$$

Donde: **V** = Volumen del área, en metros cúbicos (m³).

a y b = Longitud de los lados medidos en campo que definen el área de la base, en metros.

d = Altura del cuerpo, en metros.

- Para obtención el tonelaje del cuerpo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Tn = V x \delta$$

Donde: **V** = Volumen del cuerpo.

δ = Densidad (agregado suelto) del granulado pómez, presente en el depósito.

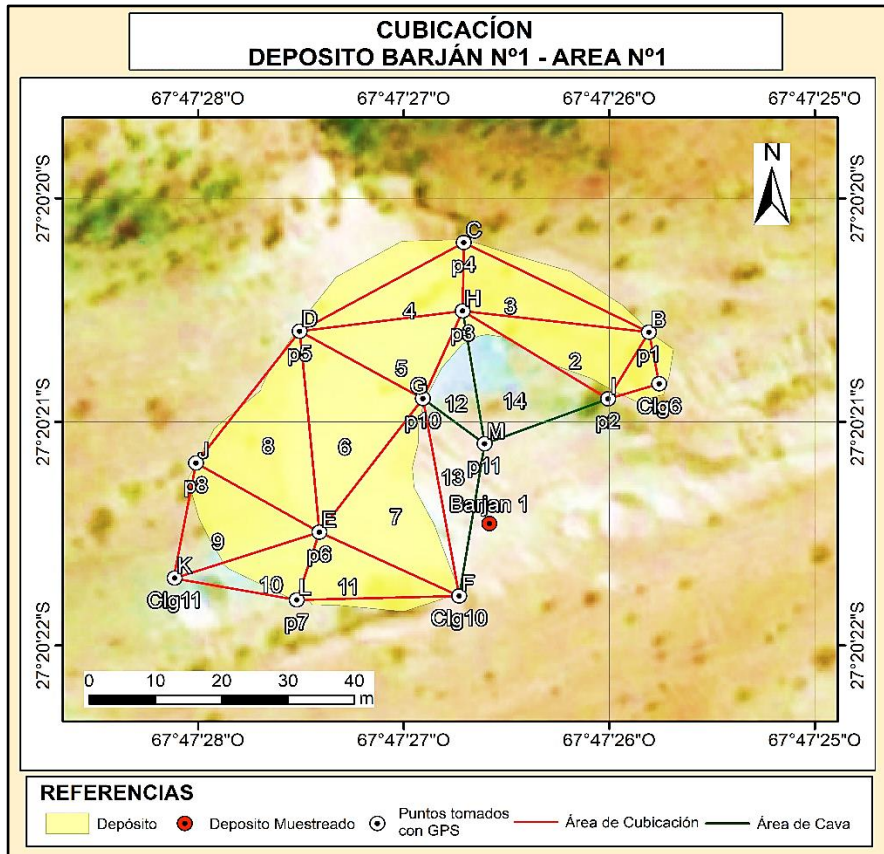


Imagen N° 10 – Cálculo de Reservas: Depósito Barján N°1 – Área N°1. Imagen obtenida de Google Earth Pro.

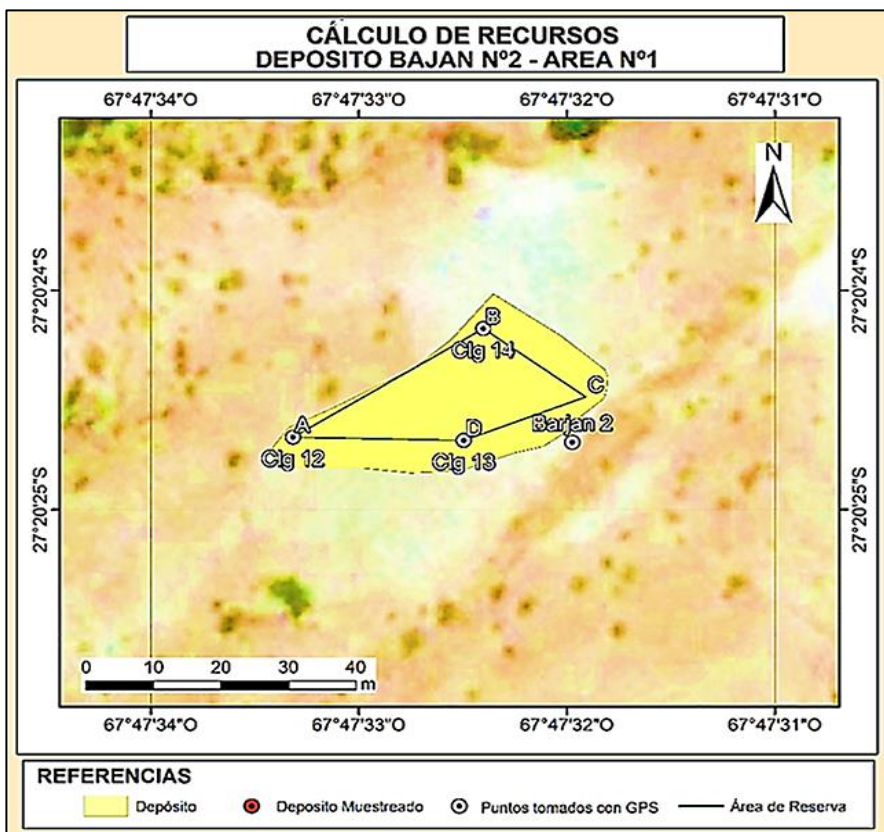


Imagen N° 11 – Determinación de recursos: Depósitos Barján N°2 – Área N°1. Imagen obtenida de Google Earth Pro.

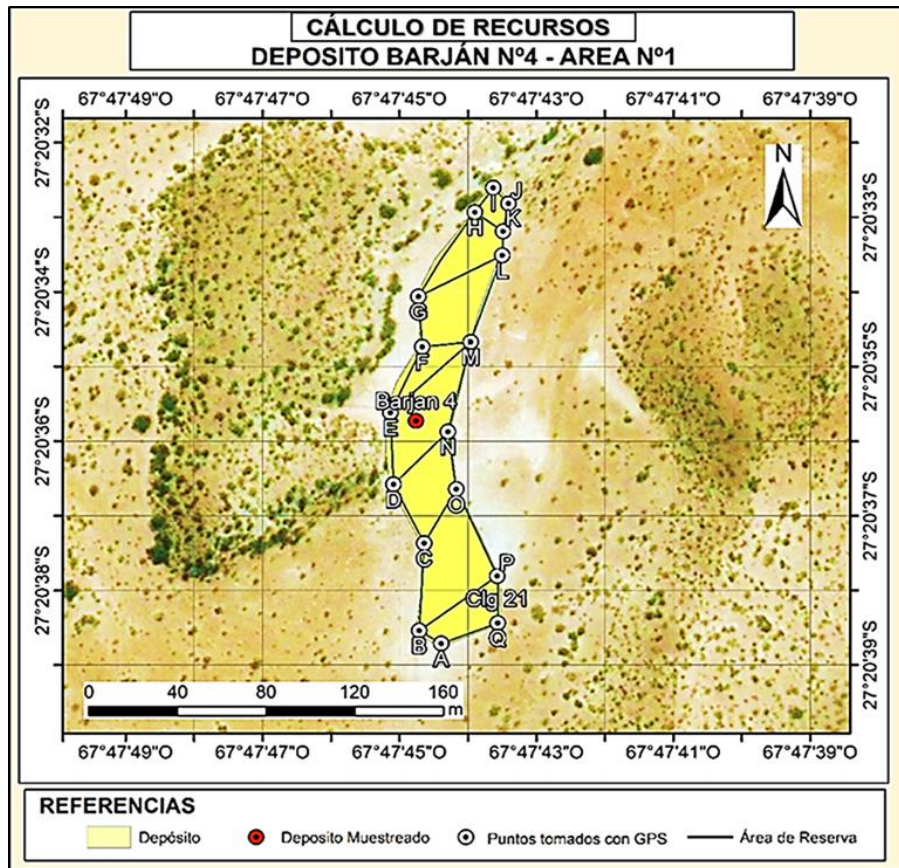


Imagen N° 12 - Determinación de recursos: Depósitos Barján N°4 - Área N°1. Imagen obtenida de Google Earth Pro.

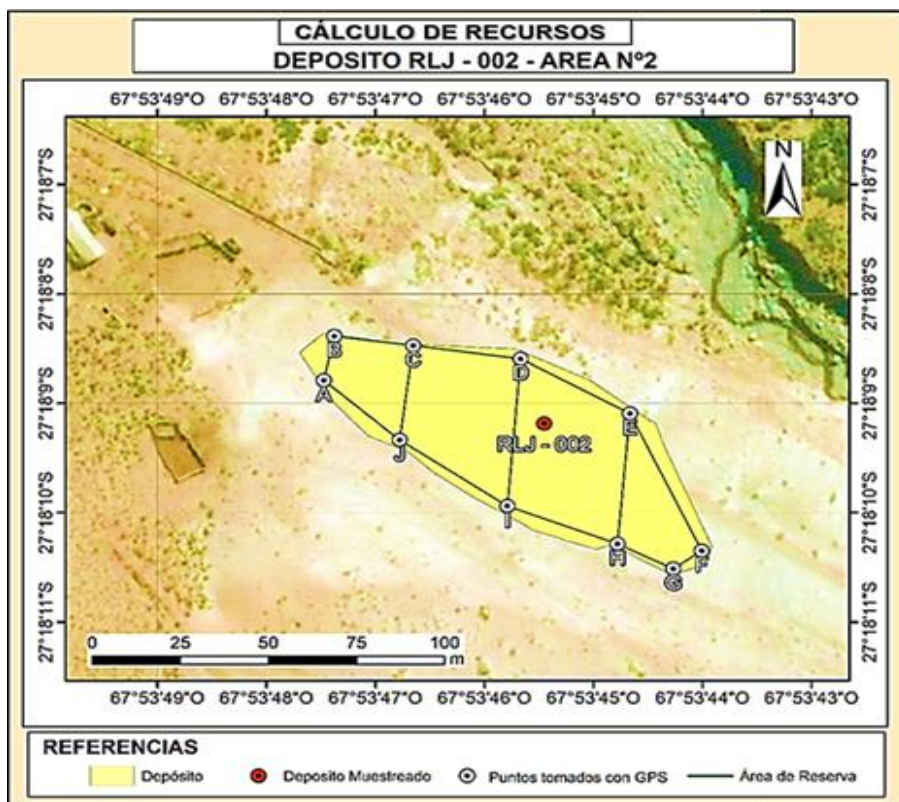


Imagen N° 13 – Determinación de recursos: Depósitos RLJ002 - Área N°2. Imagen obtenida de Google Earth Pro.

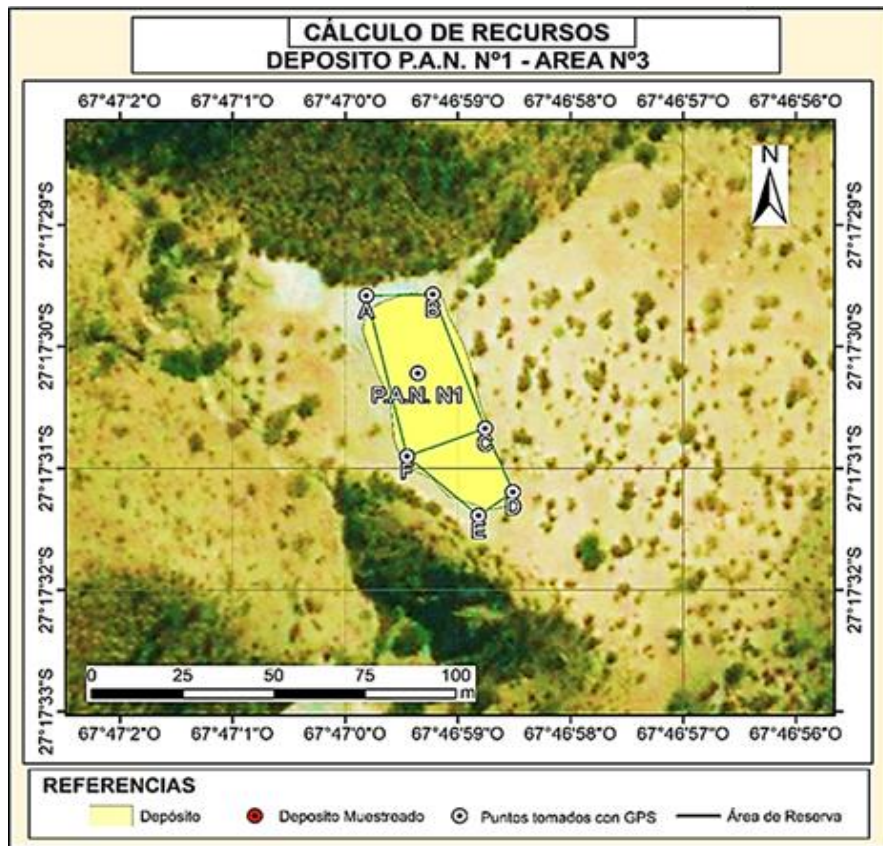


Imagen N° 14 – Determinación de recursos: Depósitos P.A.N.N°1 - Área N°3. Obtenida de Google Earth Pro.

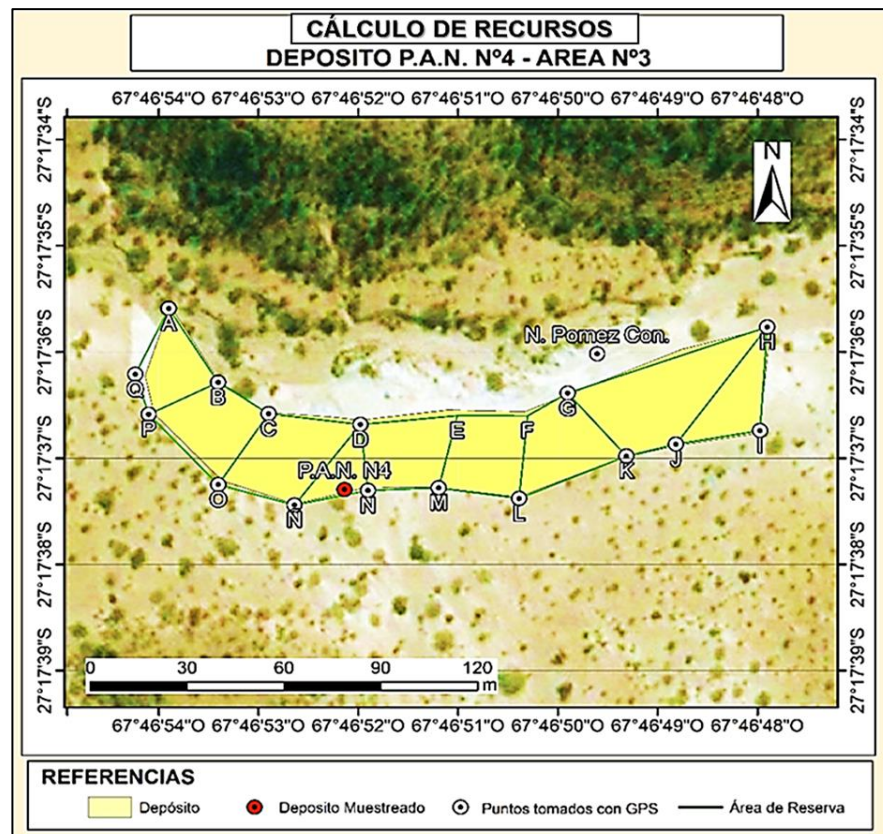


Imagen N° 15 - Determinación de recursos: P.A.N.N°4 - Área N°3. Imagen obtenida de Google Earth Pro.

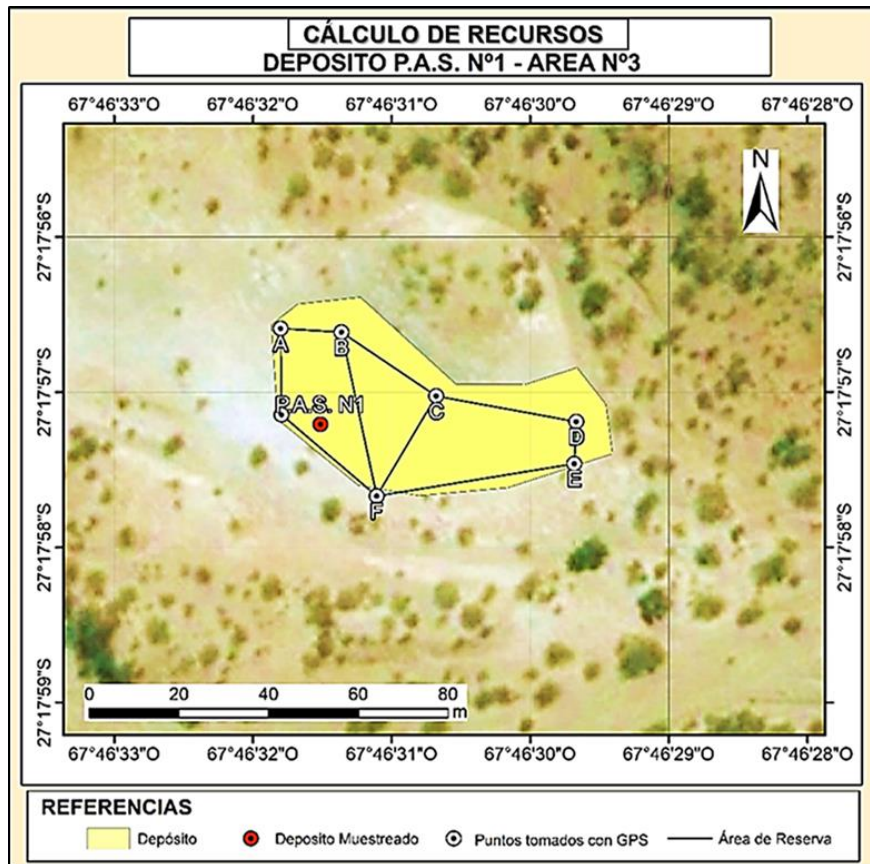


Imagen N° 16 – Determinación de recursos: Depósitos P.A.S.N°1 - Área N°3. Imagen obtenida de Google Earth Pro. Ciencias.



CAPÍTULO IV – RESULTADOS



4.1 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Geológicamente el área presenta una serie de cordones serranos conformados por las rocas más antiguas correspondientes a metamorfitas de grado medio a alto (migmatitas, gneises, y metagranitos) de edad neoproterozoica a cámbrico inferior, correspondientes a la Formación Famabalasto, que conforman el basamento y las zonas montañosas del área (sierra de Narvárez y las Planchadas, pertenecientes al Sistema de Famatina), que se habrían levantado durante el Mioceno superior con la consiguiente y abundante sedimentación neógena en el bolsón de Fiambalá (Reynolds, 1990). En la zona de estudio se depositaron areniscas continentales, de color gris amarillento, con abundante material piroclástico y en menor proporción conglomerados polimícticos de la Formación Guanchín. Antes de que existiera la barrera orogénica de la serranía de la Palca, productos de erosión del área occidental limítrofe con Chile, tenían libre acceso hacia dicho bolsón, esto se evidencio en la unidad “Rodados de la Puna” compuestos por rodados de dacitas y andesitas de las unidades volcánicas provenientes de la misma. La tectónica regional compresiva del frente orogénico que avanzaba hacia el este, se vio impedido por el basamento de las Sierras Pampeanas, por lo que se generaron imbricaciones en profundidad que fueron absorbidas por los depósitos cenozoicos, conformando una faja corrida y plegada con vergencia al Este. Esto hizo ver imbricados a las Formaciones Guanchín y Rodados de la Puna, poniendo en contacto esta última con la Formación Famabalasto. La formación terciaria continental del Neógeno conformada por areniscas, conglomerados polimícticos, con intercalaciones de bancos tobáceos, granulados y arenas pómez (Fm. Guanchín), así como a los Rodados de la Puna, se ven afectados por una notoria deformación de edad cuaternaria que consiste en un acortamiento Este-Oeste y extensión Norte-Sur, la cual se pone en evidencia por fallas inversas de rumbo N-S, como se observa en el borde occidental del bolsón de Fiambalá (Sosa Gómez, et al., 1994).

Finalizando la sedimentación continental del Cuaternario, se presentan depósitos aluviales pedemontanos rellenando valles, depresiones y bolsones, compuestos por conglomerados, gravas, arenas, limos y cenizas y tefras pómez. Seguido se produjo la sedimentación por acción de flujos de agua de depósitos aluvio-coluviales, formados por gravas y arenas entremezclados en proporciones variables con material pumiceo, los cuales dan en conjunto niveles de agradación pedemontana de terrazas y planicies aluviales (conos y abanicos). Por último, la actividad eólica deflacionaria del área queda evidenciada por la formación de depósitos eólicos continentales conformados por una mezcla de arenas heterogéneas, loess, granulados y arenas pómez, los cuales originan geoformas de acumulación dunaria o mantos de arena. Dichas unidades litológicas se representan en el mapa “Geología y Estratigrafía de Palo Blanco, Departamento Tinogasta, Provincia de Catamarca - Argentina” (Anexo: Mapa N°1).

4.2 GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El paisaje de la región ha resultado principalmente del accionar de los procesos endógenos modificados parcialmente por el proceso fluvial y otros procesos exógenos, que se esquematiza en el mapa “Geomorfología de Palo Blanco, Departamento Tinogasta, Provincia de Catamarca – Argentina” (Anexo: Mapa N°2). El papel jugado por la estructura y evolución



tectónica regional ha sido determinante en las características del modelado del paisaje por lo que la región se presenta, desde el punto de vista morfoestructural, diferenciada claramente en dos sectores: Áreas Montanas, donde predomina casi exclusivo el proceso tectónico, que ha generado un paisaje caracterizado por cordones serranos con rumbos submeridianos controlados por diversas estructuras, que a su vez han sido erosionados por diversos cauces fluviales, de morfología tipo dendrítica a subdendrítica, haciéndose paralela, en algunos sectores. Y las Áreas Pedemontanas, dominadas principalmente procesos fluviales, pero también tiene intervención el accionar de deflación eólica. El primero ha generado una serie de formas denudativas formando Pedimentos o glacis erosivos los cuales han suavizado las superficies de la formación Guanchín. A su vez los diferentes cursos en su mayoría transitorios han generado diferentes pulsos de agradación pedemontana formando niveles de bajada por coalescencia de paleoconos, conos y abanicos aluviales, conformando los depósitos cuaternarios continentales de aluviones, originados por los procesos de remoción en masa y niveles de terrazas labrados a lo largo de la historia geológica. Cabe destacar que la morfología predominante de los flujos de agua en estos sectores es mayormente paralela y en determinados sectores es de tipo dicotómico.

En última instancia, como remanentes del accionar eólico se observan áreas donde el viento genero deflación, arrastre y transporte de material sedimentario clástico y piroclástico, formando acumulaciones dunares de morfología transversal, barján y barjanoides, de pequeñas a medianas dimensiones, adosadas a las laderas de las sierras circundantes; en algunos casos cabalgando las misma (dunas trepadoras). Y campos o mantos de arenas y medanales heterogéneas de extensión considerable, en su mayoría de morfología elongada.

4.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DEPÓSITOS MUESTREADOS

4.3.1 UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LOS DEPÓSITOS

El área general de trabajo fue subdividida en tres (3) sub-áreas o zonas de interés llamadas: Área N°1: Zona Cantera La Gruta; Área N°2: Zona La Toma Ríos Ampato – Las Lechuzas; y Área N°3: Zona Quebrada Río Punta de Agua, dentro de las cuales se diferenciaron bancos y puntos de muestreo teniendo en cuenta características como accesibilidad, volumen, tamaño, estratigrafía, uniformidad, contenido de humedad, altura del frente y calidad del material contenido en los depósitos. De acuerdo a ello se localizaron diecisiete (17) depósitos (Imagen N°17, N°18 y N°19) con contenido de granulado pómez en proporciones variables, cuyas coordenadas de ubicación se describen en la Tabla N°21.

Sin embargo, se definieron como óptimos e importantes para muestreo sedimentológico prospectivo¹⁷ solo cinco (5) de ellos, cuyas coordenadas y condiciones de muestreo se detallan en la Tabla N°22, siendo los únicos descriptos en el presente informe.

¹⁷ Técnica que consiste en realizar la toma de una porción de material, de tal manera que el total de la misma sea representativo de todo el conjunto (Baxer, C. y Parks, R. citado por McKinstry, 1970).

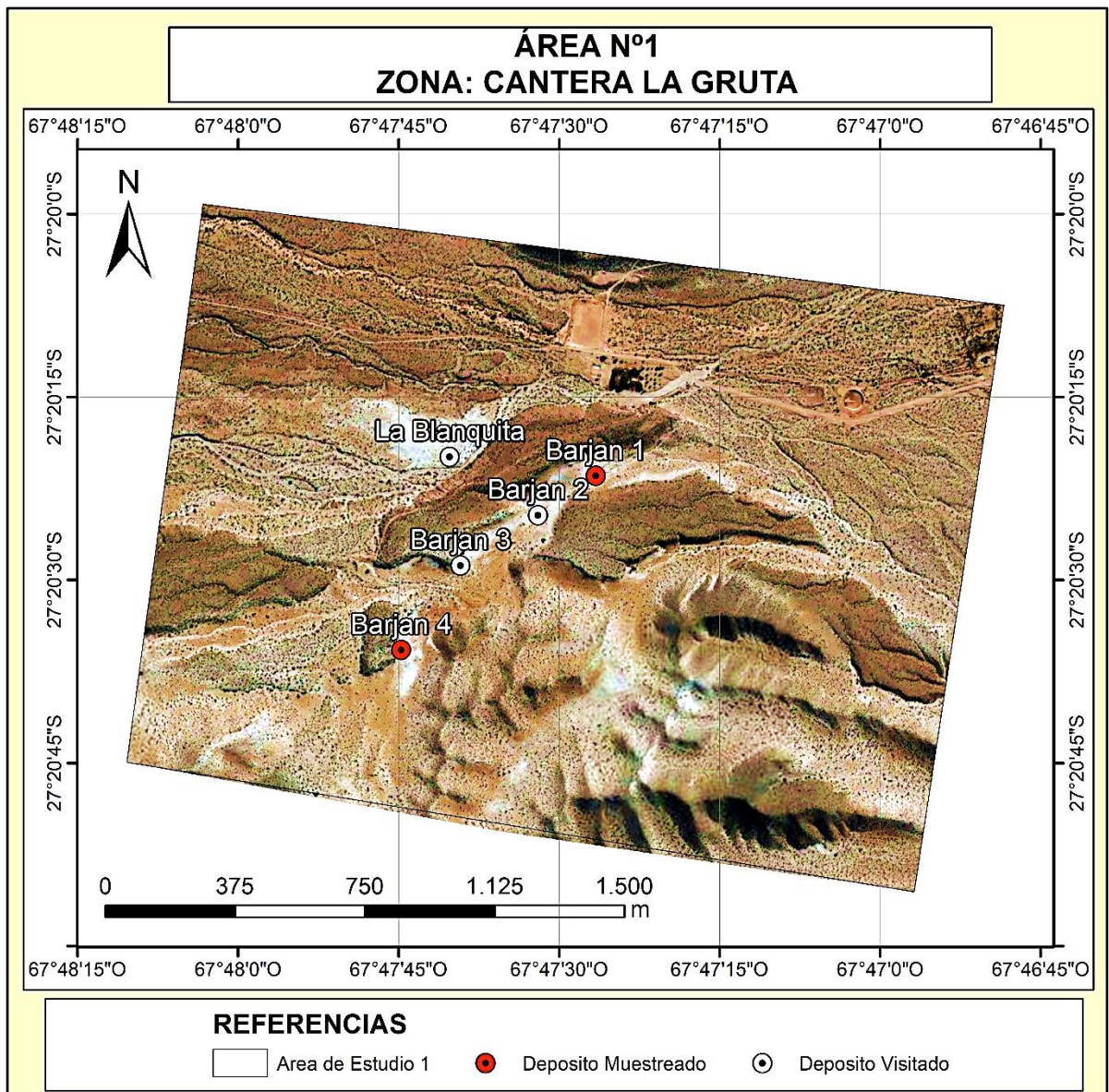


Imagen N° 17 - Mapa de ubicación de los depósitos encontrados en el Área N°1. Obtenido de Google Earth Pro.

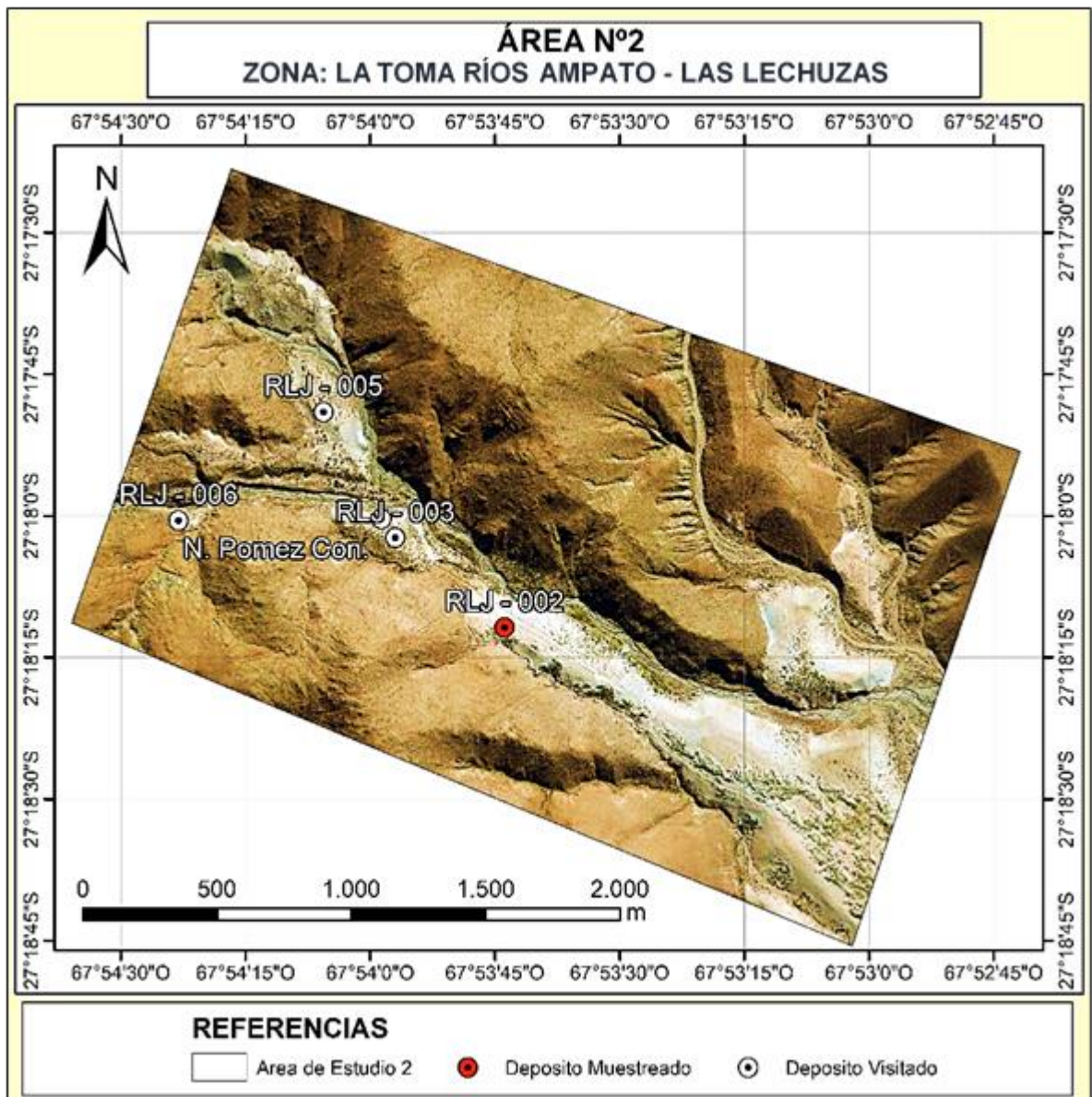


Imagen N° 18 – Mapa de ubicación de los depósitos encontrados en el Área N°2. Obtenido de Google Earth Pro 2018.

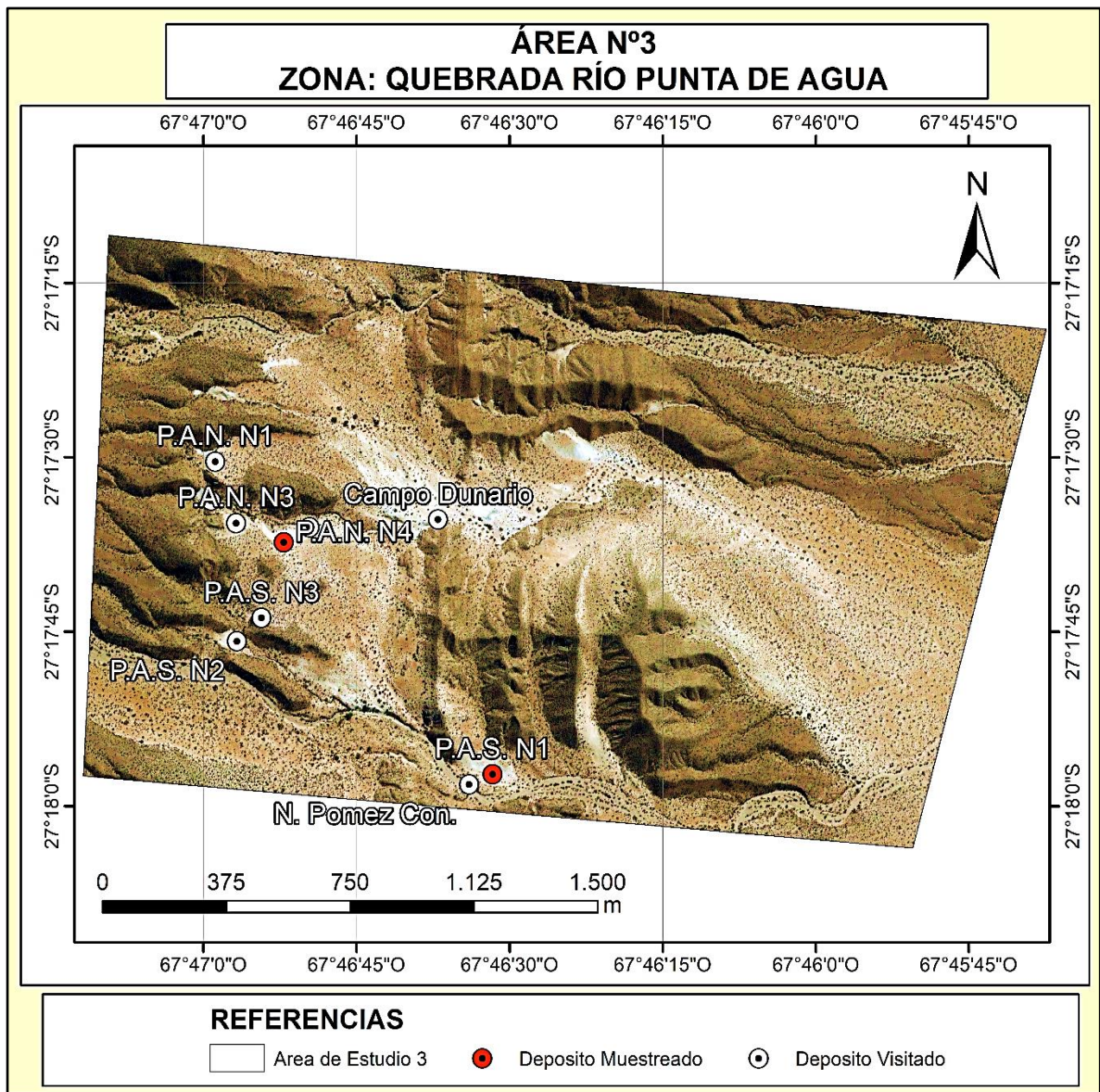


Imagen N° 19 – Mapa de ubicación de los depósitos encontrados en el Área N°3. Obtenido de Google Earth Pro.

	Depósito	Latitud	Longitud		Depósito	Latitud	Longitud
ÁREA N°1	Barján N°1	27°20'21.11"S	67°47'27.10"O	ÁREA N°3	P.A.N.N1	27°17'30.10"S	67°46'59.60"O
	Barján N°2	27°20'24.50"S	67°47'31.90"O		P.A.N.N2	27°17'32.70"S	67°46'60.00"O
	Barján N°3	27°20'28.70"S	67°47'39.30"O		P.A.N.N3	27°17'34.80"S	67°46'58.10"O
	Barján N°4	27°20'33.50"S	67°47'43.70"O		P.A.N.N4	27°17'36.90"S	67°46'52.10"O
ÁREA N°2	La Blanquita	27°20'19.70"S	67°47'42.00"O		Nivel de Pómez consolidado	27°17'35.60"S	67°46'48.70"O
	RLJ - 001	27°18'26.10"S	67°53'22.50"O		Campo Dunario	27°17'36.60"S	67°46'32.20"O
	RLJ - 002	27°18'9.30"S	67°53'45.50"O		P.A.S.N1	27°17'56.90"S	67°46'31.40"O
	RLJ - 003	27°18'0.80"S	67°53'54.70"O		Nivel de Pómez consolidado	27°17'57.50"S	67°46'35.90"O
	Nivel de Pómez consolidado	27°17'59.80"S	67°53'55.70"O	P.A.S.N2	27°17'45.50"S	67°46'57.30"O	
	RLJ - 005	27°17'52.46"S	67°54'1.08"O	P.A.S.N3	27°17'43.70"S	67°46'54.30"O	
RLJ - 006	27°18'0.47"S	67°54'20.79"O					

Tabla N° 21 – Puntos de ubicación de los diferentes cuerpos con presencia de material granulado pómez localizados en las sub-áreas de estudio, de los cuales se resaltan los considerados importantes para muestreo sedimentológico.

PLANILLA DE MUESTREO						
DEPÓSITO	NOMB. MUESTRA	COORD. DEL PUNTO	VIAJE	TIPO DE MUESTRA	OBSERVACIONES	LABORATORIO
ÁREA N°1	Barján N°1	CLG1	1ro*	1 Bolsa Plástica	Material disgregado, con una potencia de 50 cm y desarrollo de estratificación laminar, Rb: 240°, Buz: 30° y DI: SW.	Cantera de áridos Guido Mogueta *
		TF001		Bolsita para grano suelto		Mineralogía II y Petrología, UNCA**
	Barján N°4	LG9	2do***	2 Bolsas Arpilleras	Material disgregado y disperso. Abundante Magnetita.	Vialidad Provincial de Catamarca*** y Bloquera del Sindicato de Viales de Catamarca****
		LG10				
	Barján N°4	CLG18	1ro*	1 Bolsa Plástica	Material disgregado, con una potencia de muestreo de 50 cm. Exhibe mezcla con finos y materia orgánica, presencia de biotita y magnetita.	Cantera de áridos Guido Mogueta*, y Loma Negra Intercement *****
		TF002 **				
		LG 12	2do ***	2 Bolsas Arpilleras	Material disgregado y disperso, mezclado con finos (limo) y materia orgánica.	Vialidad Provincial de Catamarca*** y Bloquera del Sindicato de Viales de Catamarca****
		LG 13				
ÁREA N°2	RLJ 002	LJC1	1ro**	1 Bolsa Plástica	Material disgregado, con una potencia de muestreo de 1 m, muy fino con presencia de mucho vidrio volcánico y 1 m aprox., depositado en la parte baja del cuerpo ubicado en la Toma de los ríos Ampato-Las Lechuzas.	Cantera de áridos Guido Mogueta*, y Loma Negra Intercement *****
		TF004 ****		Bolsita para grano suelto		Mineralogía II y Petrología, UNCA **



“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”



		RLJ 3	27°18'9,3" S 67°53'45,5" W Altitud: 2837 m.s.n.m.	2do ***	2 Bolsas Arpilleras	Muestra tomada en Toma de los ríos Ampato-Las Lechuzas. Material disgregado mezclado con arena. Estado de la Muestra: húmedo.	Vialidad Provincial de Catamarca*** y Bloquera del Sindicato de Viales de Catamarca****	
		RLJ 4						
ÁREA N°3	Punta de Agua Norte N°4	PAG2	27°17'36,9" S 67°46'52,01" W Altitud: 2063 m.s.n.m.	1ro **	1 Bolsa Plástica	Material disgregado, con una potencia de muestreo de 50 cm, tomado de la Q. Punta de Agua. Presenta estratificación subhorizontal, RB barján 280°.	Cantera de áridos Guido Mogueta*, y Loma Negra Intercement *****	
		TF003 ***			Bolsita para grano suelto		Mineralogía II y Petrología, UNCA **	
		PAG14	27°17'37,3" S 67°46'50,6" W Altitud: 2065 m.s.n.m.	2do ****	2 Bolsas Arpilleras	Material tomado de la Q. Punta de Agua, se presenta bien seleccionado y disgregado, con una cubierta de material rocoso heterogéneo en superficie. Presenta un banco de pómez de color amarillento.	Vialidad Provincial de Catamarca*** y Bloquera del Sindicato de Viales de Catamarca****	
	Punta de Agua Sur N°1	PAD2	27°17'56,9" S 67°46'31,4" W Altitud: 2017 m.s.n.m.		2 Bolsas Arpilleras			Muestra tomada en la Q. Punta de Agua Sur
		TF005 *****			Bolsita para grano suelto			
	Referencias de la columna “Nombre de Muestras”			Referencias de la columna “Viaje”		Referencias de la columna “Laboratorio”		
<p>* Equivale a CLG1, CLG2, LG9 y LG10. ** Equivale a CLG18, LG12 y LG13. *** Equivale a Pag2 y PAG14. **** Equivale a LJC1, RLJ3 y RLJ4. ***** Equivale a LJC1, RLJ3 y RLJ4.</p>			<p>* 28/05/18 ** 29/05/18 *** 29/11/18 **** 30/11/18</p>		<p>* Se realizaron ensayos físico-mecánicos, realización y compresión de block de hormigón. ** Se realizaron ensayo de grano suelto y determinación visual de esfericidad y redondez. *** Se realizaron ensayos físico-mecánicos. **** Se elaboraron bloques de hormigón. ***** Se realizó análisis químico y determinación del índice de Actividad Puzolánica.</p>			

Tabla N° 22 - Puntos de muestreo de los cuerpos estudiados en las diferentes áreas de estudio.

4.3.1.1 ÁREA N°1

De esta área general, se identificaron cinco (5) depósitos llamados: Barján N°1, Barján N°2, Barján N°3, Barján N°4 y Depósito La Blanquita. De los cuales solo serán descriptos los muestreados.

4.3.1.1.1 BARJÁN N°1

Este cuerpo es el primer depósito estudiado en el área. Se ubica a 230 metros, medidos en línea recta del Camping La Gruta, ubicado en la localidad de Palo Blanco, en las coordenadas 27°20'21.1" latitud Sur y 67°47'27.1" longitud Oeste. Conformar un cuerpo dunario de color blanco con una potencia de manto aflorante de 9 m de espesor. El material piroclástico constituyente es de grano notoriamente seleccionado, cuyo representante granulométrico es ceniza gruesa, mezclada con sedimentos clásticos de tamaños más finos (Foto N° 27). Presenta estratificación laminar y desarrollo de ondulitas en superficie, típico de la acción del viento y arrastre del material en dunas activas. Muestra indicios de extracción rudimentaria mediante técnicas a cielo abierto que de acuerdo a lo observado se podría decir que se trata de una explotación de mediana producción (Foto N°28).



Foto N° 27 - (a) Vista de Depósito Barján N°1. (b) Vista panorámica.

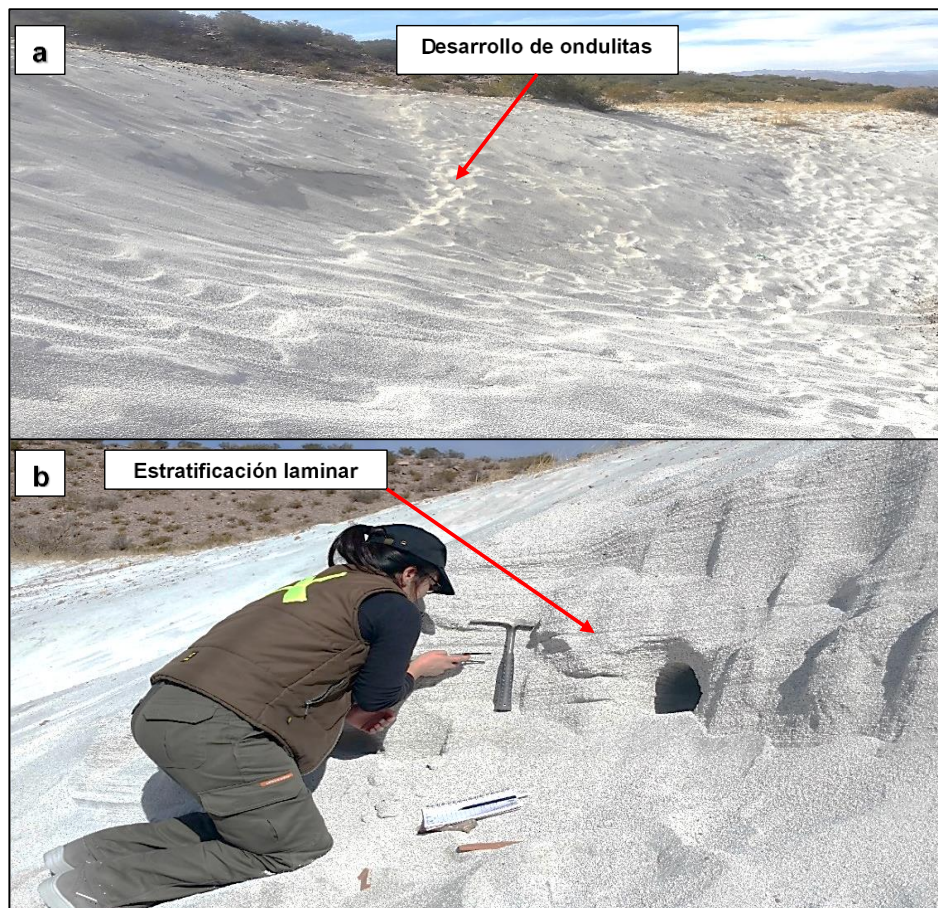


Foto N° 28 – (a) Depósito Barján N°1, con indicios de transporte de material por acción del viento (ondulitas). (b) Laminación paralela y determinación de rumbo y buzamiento de la estructura.

4.3.1.1.2 BARJÁN N°4

Corresponde al último depósito visualizado en la quebrada, se ubica aproximadamente a 196 metros del punto anterior. Tiene una extensión de 156 m aproximadamente medido desde el punto de partida, cuyas coordenadas son 27°20'32.80" latitud Sur y 67°47'43.80" longitud Oeste. Se trata de un depósito conformado por material epivolcanoclástico, con forma de duna transversal (Foto N°29 a y b), que en su extremo más austral termina como un manto de médano, siendo su punto más bajo los 2100 m s.n.m. Presenta una notoria disminución de granulado pómez en relación al depósito anterior, mayor presencia de material incoloro (cuarzo-vidrio volcánico) y magnetita, homogeneidad granulométrica e incluso muestra una capa deflacionaria en superficie, que indica acción y efecto del arrastre de material fino y liviano por acción del viento (Foto N°29 c, d, e).

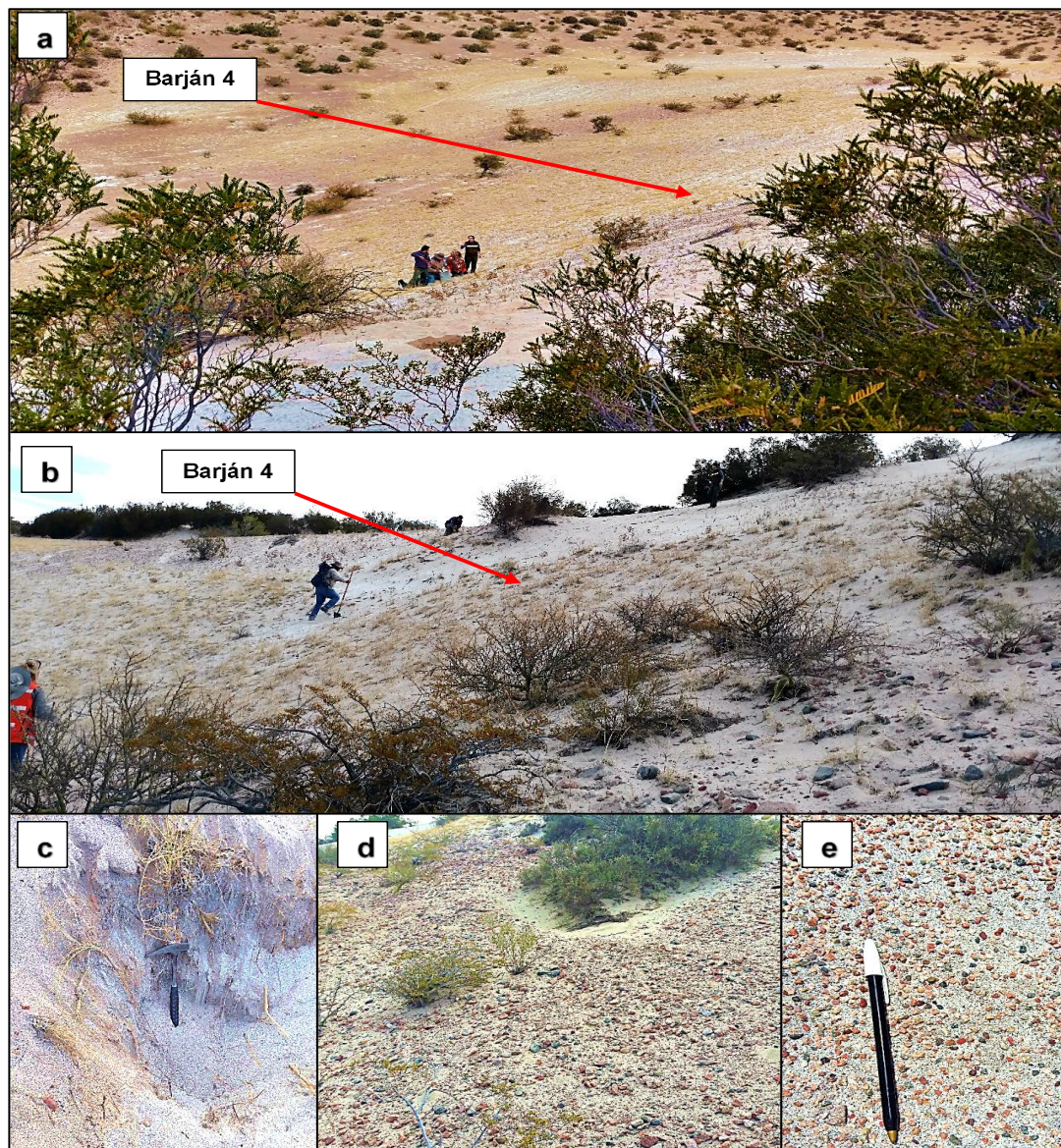


Foto N° 29 – (a) y (b) Vista en diferentes ángulos del cuerpo Barján N° 4. (c), (d) y (e) Heterogeneidad litológica y granulométrica generada por acción y efecto del arrastre de material fino y liviano por acción del viento.

4.3.1.2 ÁREA N°2

Para llegar a los depósitos analizados en esta área, se recorre una huella que bordea el cauce permanente llamado río La Cañada, donde se encontraron cuatro (4) cuerpos con presencia de granulado pómez, llamados: RLJ-001, RLJ-002, RLJ-003, RLJ-004. Otros dos (dos) depósitos llamados RLJ-005 y RLJ-006, se adosan continuando la quebrada, sobre el margen de los ríos Ampato y las Lechuzas respectivamente. Solo se determinó como importante el cuerpo denominado Depósito RLJ-002.

4.3.1.2.1 DEPÓSITO RLJ-002

Siguiendo la huella en dirección oeste se encuentra un depósito ubicado a 11,20 km aproximadamente medidos en línea recta desde el campamento La Gruta, entre las

coordenadas 27°18'9.30" latitud Sur y 67°53'45.50" longitud Oeste. Corresponde a un manto de material amarillento, similar a un barján elongado adosado a la pendiente baja de la ladera, litológicamente conformado por una mezcla de gravas, arenas, limos loésicos y granulado pómez (Foto N°30).

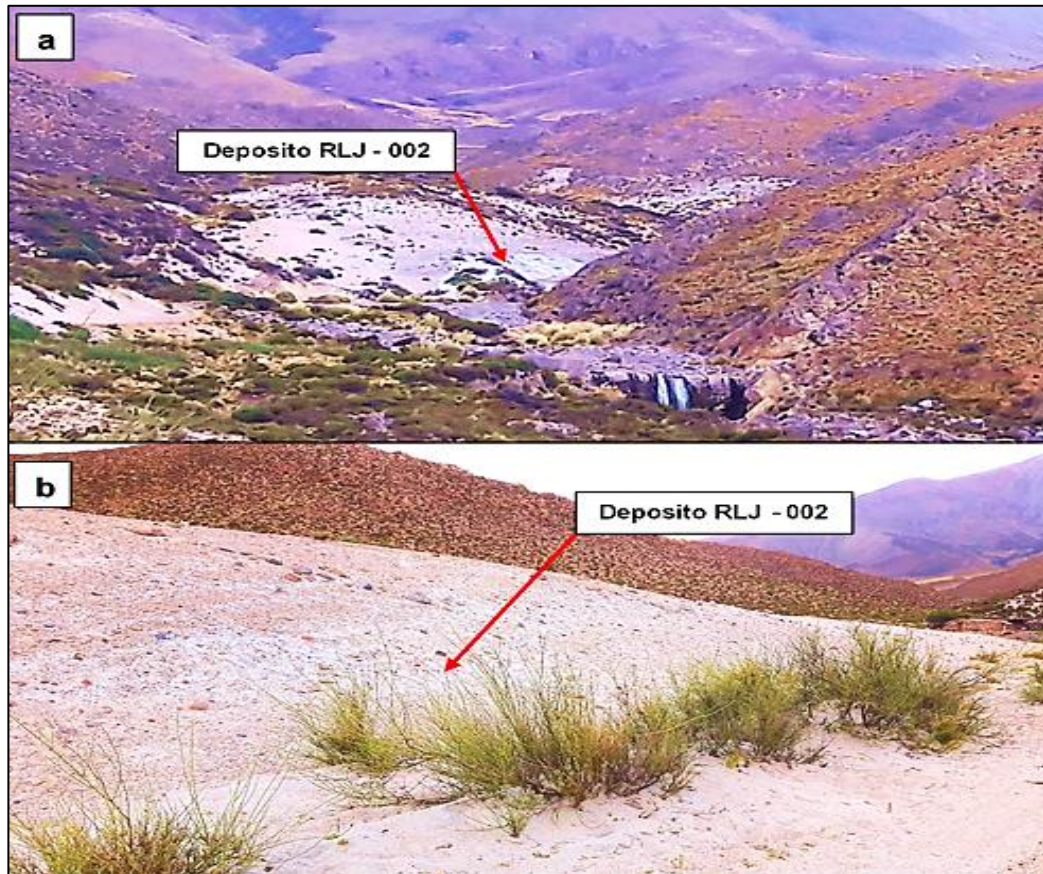


Foto N° 30 – (a) Vista lejana del depósito llamado RLJ – 002. (b) Vista in situ del cuerpo.

4.3.1.3 ÁREA N° 3

Los depósitos encontrados en esta área se diferenciaron por sectores como: Sector Punta de Agua Norte: P.A.N. N°1, P.A.N. N°2, P.A.N. N°3 y P.A.N. N°4; y Sector Punta de Agua Sur: P.A.S. N°1, P.A.S. N°2 y P.A.S. N°3. De ellos solo se describirán los muestreados.

4.3.1.3.1 DEPÓSITO P.A.N. N°4

Corresponde al mejor depósito encontrado en el área, adosado a la cara norte de un borde montano plegado de la formación Guanchín, el cual ha sido labrado por un cauce efímero, que en partes a transportado el material piroclástico a sectores más bajos dentro de la misma quebrada. Se extiende desde el punto de coordenadas 27°17'35,60" latitud Sur y 67°46'53,90" longitud Oeste, hasta el punto de coordenadas 27°17'35,80" latitud Sur y 67°46'47,90" longitud Oeste, distancia recorrida sobre el lecho del cauce. Su morfología lo asemeja un depósito dunario transversal elongado, sobre el cual se realizó mapeo y cubicación del material (Foto N° 31).

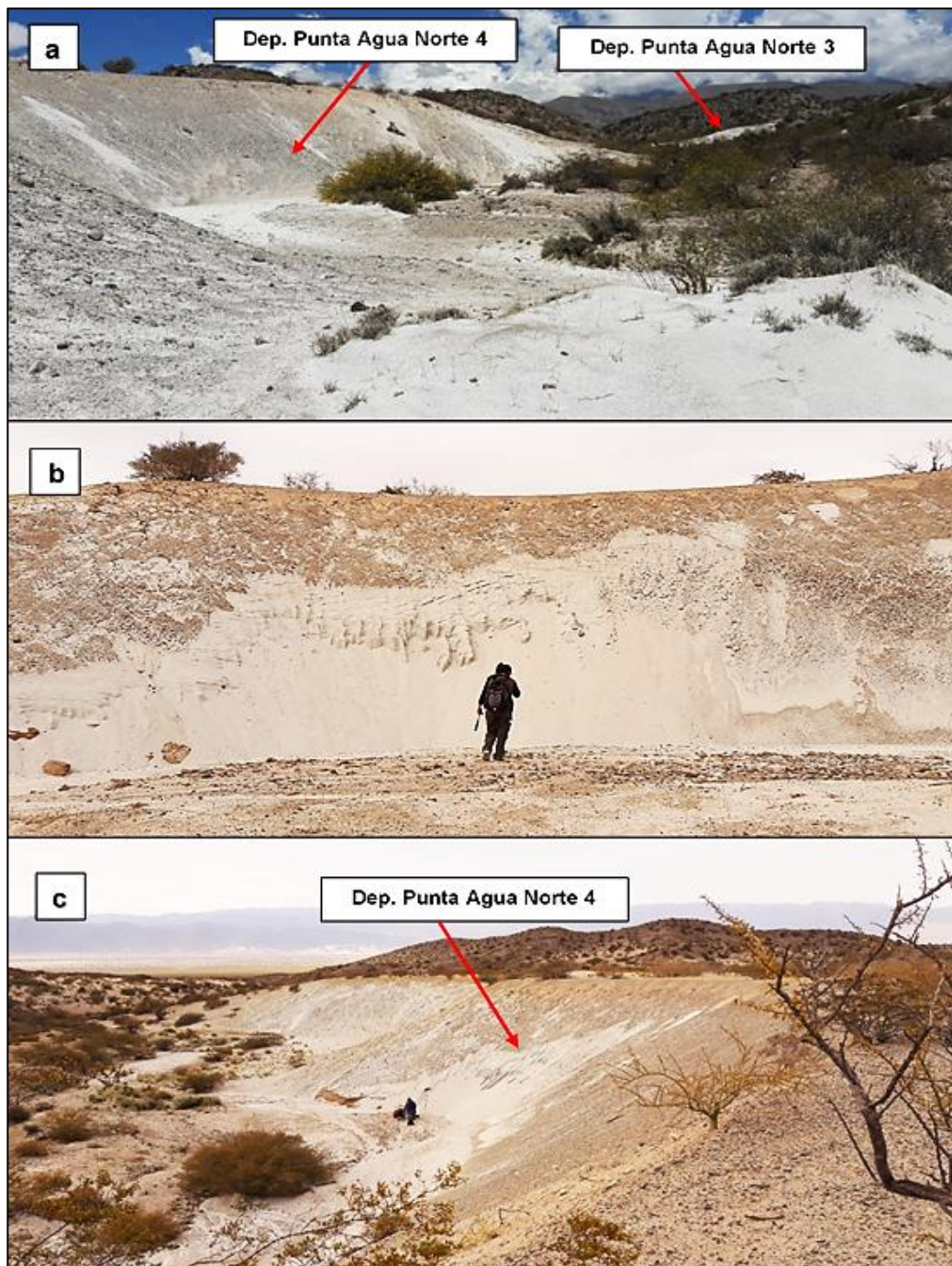


Foto N° 31 – Depósito Punta de Agua Norte 4. a) Vista desde su extremo oeste. b) vista de frente. c) vista tomada desde un punto alto del extremo este.

Corresponde a un banco con buen desarrollo longitudinal y mala selección de material, que presenta una cubierta rocosa heterogénea en su litología y granulometría (Foto N°33 d), asimilable a la litología de la Formación Guanchín. Donde Penck, 1920, además, reconoce en la parte superior del miembro asociado a bancos de composición tufítica, restos de troncos silicificados del género *Pitoxylon*, carentes de valor determinativo, se asemejan a los encontrados en campo, dentro del depósito estudiado (Foto N°32 a). Ha sido notorio el desarrollo de estructuras primarias del tipo laminación paralela, que presenta un rumbo general de 280° (Foto N°32 b, c, d).

En la base del depósito, principalmente cercanas al lecho del cauce, se divisó la presencia de manchones de granulado pómez de color amarillento (zonas de meteorización), lo que estaría relacionado con un nivel freático cercano a la superficie (Foto N°33 d). Además, se observó la presencia de niveles de pómez consolidadas (Foto N°33 c), y como un rasgo geológico regional, en el punto de coordenadas 27°17'34.90" latitud Sur y 67°46'47.00" longitud Oeste, aflora un nivel de toba litificada (Foto N°32 a y b) de la misma naturaleza que la detectada en la zona Punta Agua Sur (Foto N°35).

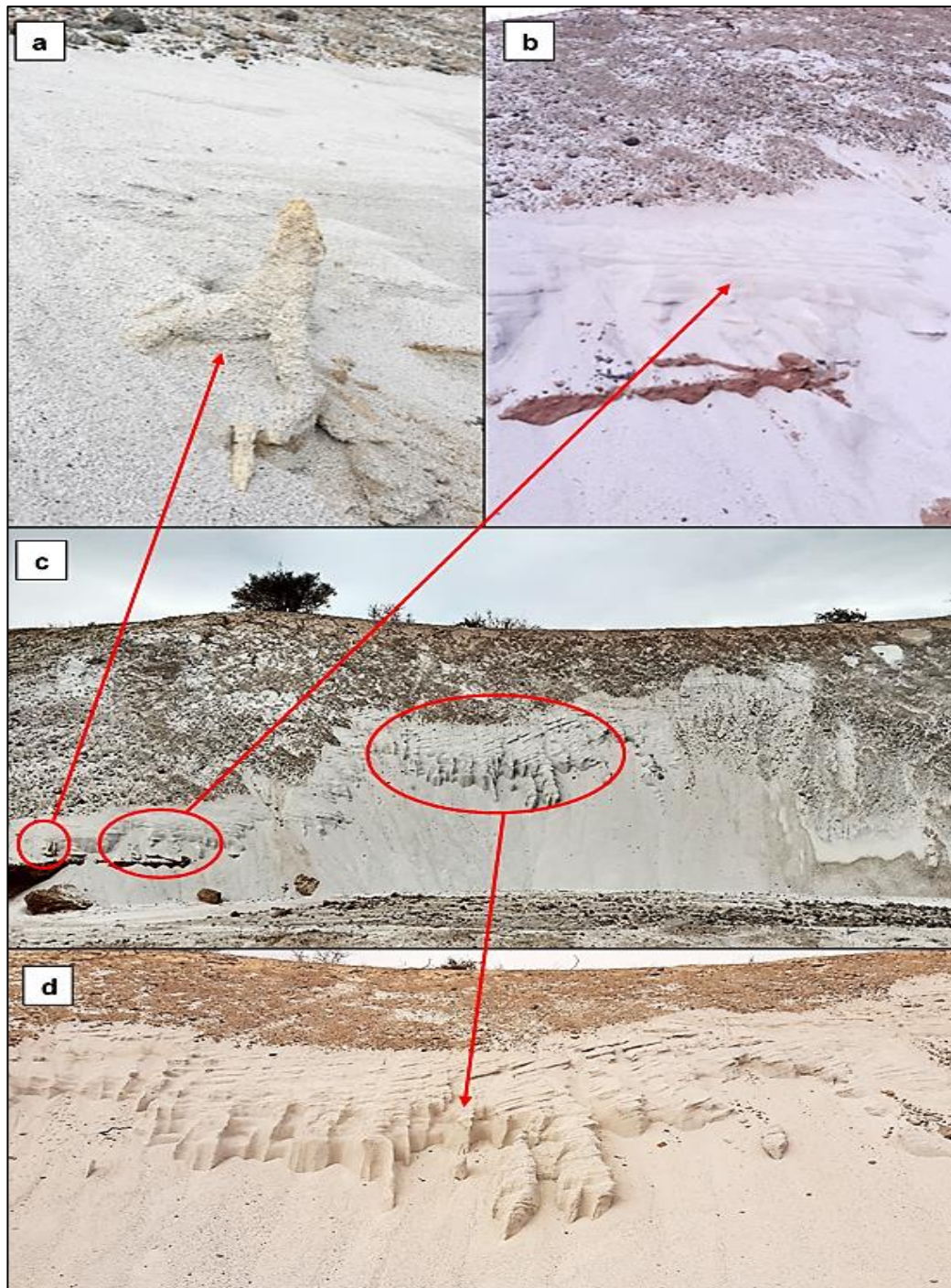


Foto N° 32 – (a) Cuerpo semejante a lo que Penk, (1920), define como restos de troncos silicificados del género *Pitoxylon*. (b) y (d) Imagen a menor escala de laminación paralela desarrollada en el depósito. (c) Vista del frente del depósito P.A.N N°4.

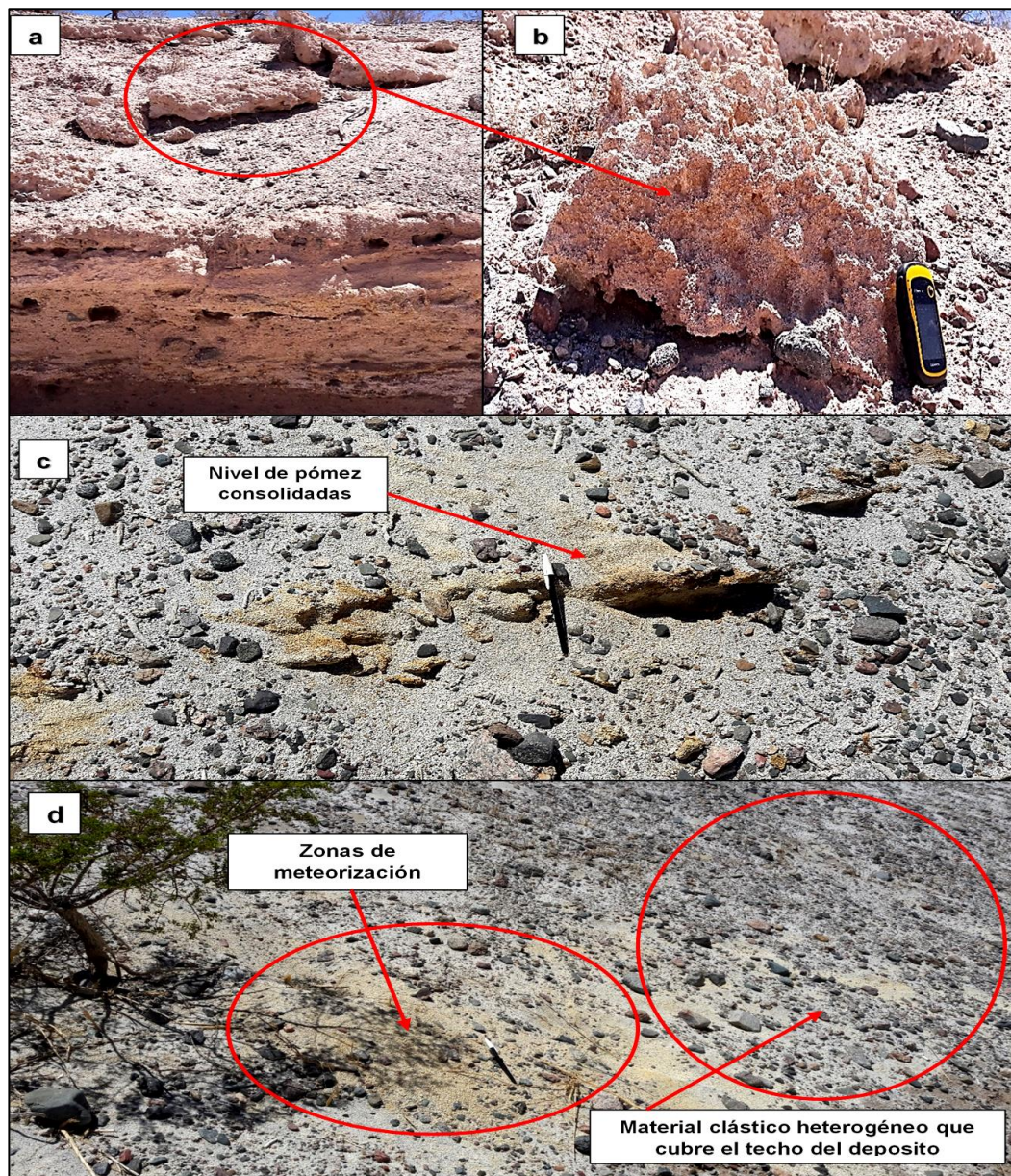


Foto N° 33 – (a) Banco de toba litificada equivalente al aflorante en la quebrada de la zona llamada Punta Agua Sur. (b) Imagen en detalle del material consolidado. (c) Banco tobáceo amarillento, de pocos centímetros de espesor, aflorando en el sector frontal del granulado pómez estudiado. (d) Zonas de meteorización divididas en los niveles bajos del afloramiento y cubierta de material rocoso heterogéneo en litología y granulometría presente en el techo del depósito.

4.3.1.3.2 DEPÓSITO P.A.S. N°1

Este depósito se encuentra ubicado en la quebrada ubicada inmediatamente al sur de la zona antes nombrada, labrada por un cauce efímero diferente. Se localiza entre las coordenadas 27°17'56.90" latitud Sur y 67°46'31.40" longitud Oeste, conforma un depósito de granulado pómez, semejante a un pequeño barján que presenta en su techo una cubierta sedimentaria clástica, de unos pocos centímetros y litología variada (Foto 34 a, b).

Se observa desarrollo radicular hasta aproximadamente unos 26 cm de profundidad después de la cual se desarrolla laminación y homogeneidad en el depósito (Foto N°34 c).

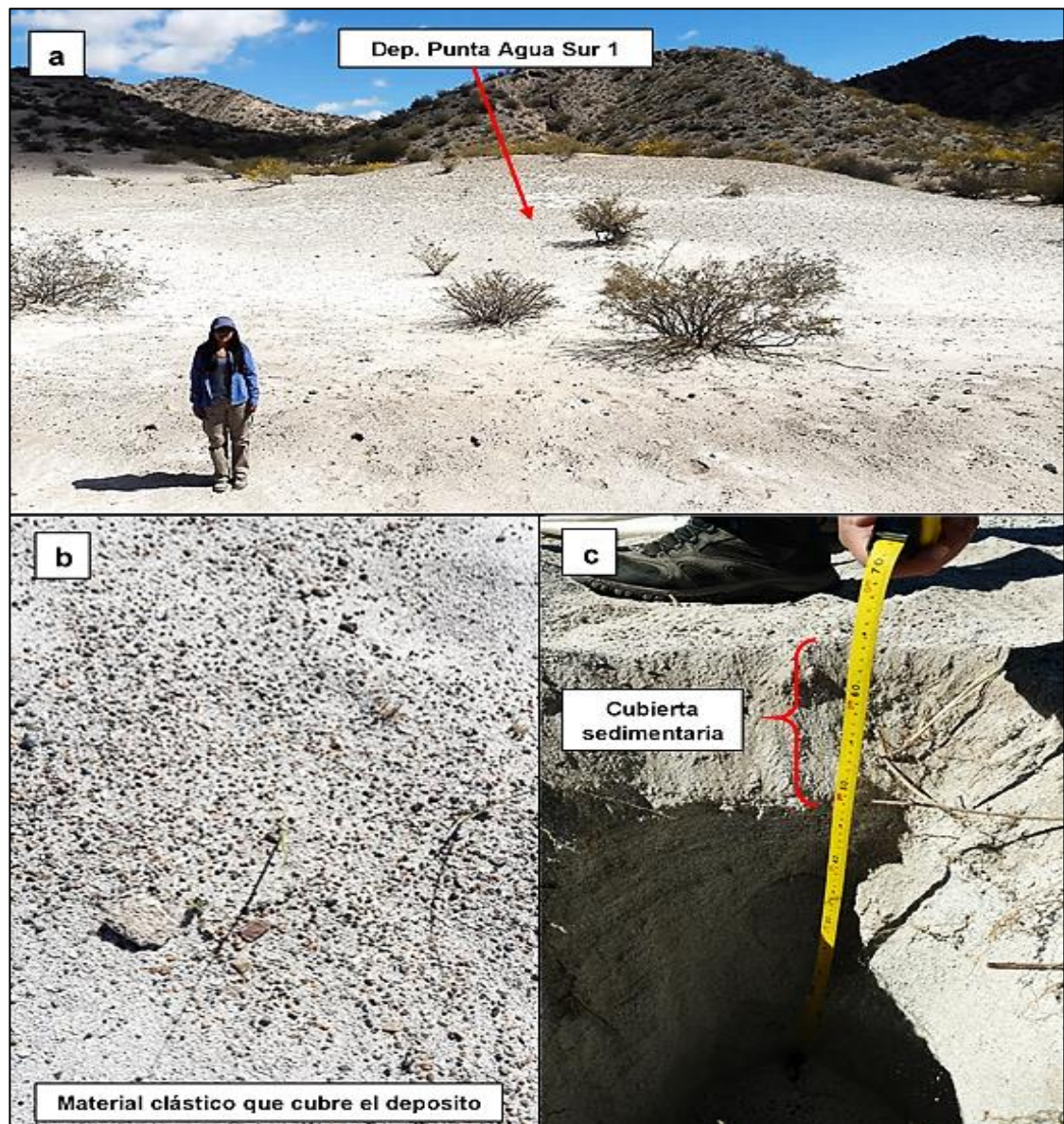


Foto N° 34 – (a) Depósito Punta de Agua Sur 1, de morfología semejante a una duna tipo barján. (b) Material clástico heterogéneo en litología, que se visualiza en el techo del depósito. (c) Cubierta sedimentaria de potencia < a 20 cm, que se encuentra cubriendo el material de granulado pómez bien seleccionado.

Siguiendo el lecho del cauce en sentido Este, entre las coordenadas 27°17'57.50" latitud Sur y 67°46'35.90" longitud Oeste, se encuentra aflorando a ambos lados del cauce, un banco tobáceo de color blanco a amarillo, con desarrollo de laminación paralela (rumbo general es 161°), grado notorio de consolidación, buena continuidad lateral y una potencia mayor a 1 metro (Foto N°35 b). El mismo presenta en su base un banco de conglomerados polimícticos, de variada composición y granulometría, cuya sedimentación es grano decreciente (Foto N°35 a, c), correlacionable con el afloramiento divisado en el extremo austral del cuerpo P.A.N. N°4 dentro de la misma área de estudio (Foto N°35 a, b).

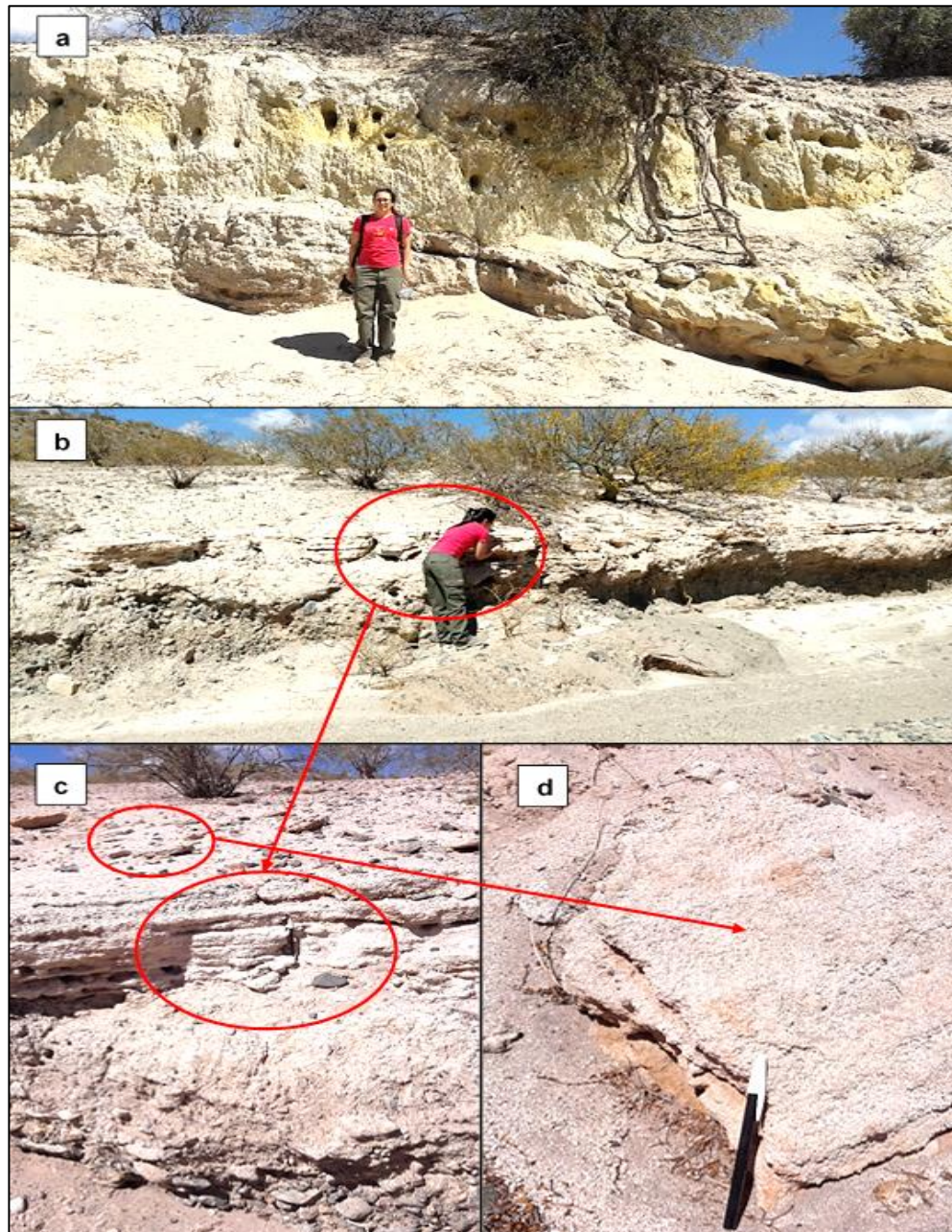


Foto N° 35 – (a) Banco de toba litificada de color amarillento cuya potencia es mayor a 60 cm, aflorando hacia el borde norte del cauce. (b) Banco tobáceo de color blanco de espesor menor a 1 m, con muy buena continuidad lateral y desarrollo de laminación paralela. (c) Imagen en detalle, que muestra el nivel de tobas litificadas con estratificación paralela, y en su base mediante contacto erosivo, un banco de conglomerado grano-decreciente hacia el techo. (d) Bloque de pómez consolidado erosionado y libre sobre la superficie.

4.3.2 CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS Y SEDIMENTOLÓGICAS

4.3.2.1 DEPÓSITO BARJÁN N°1

Los constituyentes mineralógicos asociados, observados mediante la técnica de grano suelto, fueron granos de cuarzo (Qz) de bajo relieve, incoloros, con desarrollo de formas anhedras, presencia de fracturas concoideas típicas y extinción ondulosa. En menor proporción,



fragmentos de cristales de plagioclasa (Pl) y feldespato potásico (Kfs), ambos de formas subhedralas a anhedralas, con bajo relieve y presencia de maclado tipo Cardsbad.

Como elementos máficos se observaron biotitas (Bt) en cristales mayormente subhedralas, de color pardo-marrón, con buen desarrollo de clivaje y leve pleocroísmo (de pardo-marrón a caramelo). En pequeñas proporciones, cristales de turmalina (Tur) de color verde botella, formas subhedralas con clivaje típico. Por último, es notoria la presencia de minerales opacos (Opq.), unos de color negro, isótropos, con desarrollo de magnetismo y formas principalmente euhedralas (rómicas) a subhedralas; y otros sin magnetismo e incoloro (vidrio volcánico). La proporción en la que se encuentran estos minerales en el agregado suelto analizado, en orden decreciente es la siguiente: Qz – Pl=Kfs – Bt – Tur. – Opq.

Mediante análisis granulométrico e interpretación de la curva resultante se puede decir que, según su forma y pendiente, el material corresponde a una arena uniforme, mal graduada (según los valores de Cu: 3 y Cc: 2, Tabla N°23), con muy poco tamaño comprendido en la fracción fina (2,4%). A su vez, analizando los porcentajes retenidos en peso del análisis granulométrico, muestra un contenido representativo en tamaño de fracción arenas (97,5%), del tipo Arenas Medias (82%), valor coherente al resultado obtenido del módulo de fineza (MF: 2,3) lo que permite clasificarla como una arena mediana.

Los resultados del análisis de los granos de fracción Lapilli (> 2mm) estudiados revelaron valores de esfericidad de 0,3 a 0,7 (siendo representativo el valor 0,7) y redondez de 0,1 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,7). De la fracción Ceniza Muy Gruesa se obtuvieron valores de esfericidad y redondez de 0,5 a 0,9. Los constituyentes de la fracción Ceniza Gruesa mostraron valores de esfericidad de 0,5 a 0,9 y redondez 0,3 a 0,9. (Anexo: Tabla N°10).

En general el tamaño mayormente representado en la muestra comprende la granulometría de Cenizas Muy Gruesas a Medias cuyo porcentaje granulométrico es 81,5 por ciento en peso. Menos del 0,8 por ciento en peso corresponde a la fracción Lapilli Fina.

4.3.2.2 DEPOSITO BARJÁN N°4

Los constituyentes mineralógicos asociados a esta muestra, observados mediante grano suelto, muestran minerales de cuarzo (Qz) incoloro, subhedralas, algunos con desarrollo de fracturas concoideas, extinción ondulosa e inclusiones de minerales de cuarzo de tamaño más reducido. Siguen en menor proporción, cristales de feldespatos potásicos (Kfs) incoloros, de contornos subhedralas a anhedralas, con desarrollo de maclado tipo Cardsbad, y plagioclasas (Pl) incoloras, de formas subhedralas, con maclado tipo Albita (algunos individuos) y desarrollo de fracturas incompletas.

Como elementos máficos se presentan minerales opacos (Opq) isótropos, diferenciados en dos grupos de individuos según su forma, uno de ellos de contornos bien definidos, euhedrales, tipo rómicas y cúbicos, de color negro; mientras que el otro, presenta contornos desflecados o suturales. Según su color también se diferenciaron ejemplares incoloros sin magnetismo y negros con magnetismo fuerte. Minerales de biotitas (Bt) de formas euhedralas a subhedralas, con buen desarrollo de clivaje, de color marrón pardo. Según el pleocroísmo, se agrupan dos familias bien definidas, una de ellas, sin presencia de alteración con desarrollo de leve pleocroísmo que va de marrón pardo a marrón oscuro. Mientras que el otro grupo,



tiene fuerte pleocroísmo que toma colores de verde a marrón y presencia de zonas con clarificación (alteración). La proporción en la que se encuentran estos minerales en el agregado suelto analizado, en orden decreciente es la siguiente: Qz – Opq – Kfs=Pl - Bt.

Mediante análisis granulométrico e interpretación de la curva resultante se puede decir que, según su forma y pendiente, el material corresponde a una arena uniforme, mal graduada (según los valores de Cu: 2 y Cc: 2, Tabla N°24), con muy poco tamaño comprendido en la fracción fina (2%), que a diferencia del depósito anterior muestra una curva quebrada con mayor pendiente, lo que indica disminución de algunos tamaños intermedios.

Analizando los porcentajes retenidos en peso del análisis granulométrico la muestra contiene un tamaño representativo de fracción arena (97,5%), del tipo Arenas Medias (73%), valor coherente al resultado obtenido del módulo de fineza (MF: 2,0) lo que permite clasificarla como una arena mediana.

Los resultados del análisis de los granos de fracción Lapilli (> 2mm) estudiados revelaron valores de esfericidad de 0,5 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,5) y redondez de 0,3 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,3). De la fracción Ceniza Muy Gruesa se obtuvieron valores de esfericidad de 0,5 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,5) y redondez de 0,3 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,3). Los constituyentes de la fracción Ceniza Gruesa mostraron valores de esfericidad de 0,5 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,7) y redondez de 0,7. (Anexo: Tabla N°11).

En general el tamaño mayormente representado en la muestra comprende la granulometría de Cenizas Muy Gruesas a Medias cuyo porcentaje granulométrico es 72,6 por ciento en peso. Menos del 1,8 por ciento en peso corresponde a la fracción Lapilli Fina.

4.3.2.3 DEPÓSITO RLJ-002

Los constituyentes mineralógicos asociados en la muestra analizada, corresponden a granos de cuarzo (Qz) límpidos e incoloros, de contornos anhedros a subhedros, con desarrollo de leve extinción ondulosa. Minerales de plagioclasas (Pl), de formas en su mayoría subhédricas y deformadas en algunos casos, de bajo relieve en relación al bálamo, con proceso de maclado tipo Albita-Cardsbad. También se presentan minerales de feldspatos potásicos (Kfs) en cristales incoloros, en su mayoría de forma subhédrica, algunos con desarrollo de maclado tipo polisintético (Albita-Cardsbad).

Como elementos máficos se presentan cristales de minerales opacos (Opq) isótropos, de gran tamaño (a escala microscópica), de color rojo, con desarrollo de contornos regulares (tetraedros), subhédricos y desflecados. También cristales de biotitas (Bt) de formas euhedrales con habito fibroso, que muestran buen desarrollo de clivaje y color marrón a pardo rojizo. Son abundantes individuos en láminas perpendiculares a la sección basal, que manifiesta un pleocroísmo de leve a fuerte. Se distinguieron láminas con desferrización y cloritización. En pequeña proporción se presentan minerales de turmalina (Tur) de color verde botella (chorlo), en secciones longitudinales con habito prismático y relieve alto en relación al bálamo, con maclado y cristales granulares de pequeño tamaño (a escala microscópica) de circón (Circ), con relieve muy alto en relación al bálamo, asociados a la turmalina. La



proporción en la que se encuentran estos minerales en el agregado suelto analizado, en orden decreciente es la siguiente: Qz - Pl – Kfs – Opq. – Bt – Tur., Circ.

Mediante análisis granulométrico e interpretación de la curva resultante se puede decir que, según su forma y pendiente, el material corresponde a una arena uniforme, mal graduada (según los valores de Cu: 2 y Cc: 1; Tabla N°25), que a diferencia del depósito anterior muestra una curva de pendiente más suave y tendida, lo que indica mayor variabilidad de tamaños.

Analizando los porcentajes retenidos en peso del análisis granulométrico la muestra contiene un tamaño representativo de fracción arena (97,6%), del tipo Arenas Medias (71%), valor coherente al resultado obtenido del módulo de fineza (MF: 2,6) lo que permite clasificarla como una arena mediana.

Los resultados del análisis de los granos de fracción Lapilli (> 2mm) estudiados revelaron valores de esfericidad de 0,5 a 0,7 (siendo representativo el valor 0,5) y redondez de 0,1 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,9). De la fracción Ceniza Muy Gruesa se obtuvieron valores de esfericidad y redondez de 0,5 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,9). Los constituyentes de la fracción Ceniza Gruesa mostraron valores de esfericidad de 0,5 a 0,9 y redondez de 0,9. (Anexo: Tabla N°12).

En general el tamaño mayormente representado en la muestra comprende la granulometría de Cenizas Muy Gruesas a Medias cuyo porcentaje granulométrico es 71 por ciento en peso (es importante notar el 14,1 por ciento contenido de Cenizas Muy Gruesa, mucho más abundante que en los demás depósitos). Menos del 6,6 por ciento en peso corresponde a la fracción Lapilli Fina.

4.3.2.4 DEPÓSITO P.A.N. N°4

Los constituyentes mineralógicos asociados en la muestra analizada, corresponden a cristales de cuarzo (Qz) de formas subhedralas, con bajo relieve en relación al bálamo, que desarrollan leve extinción ondulosa y fractura concoidea. Cristales de plagioclasas (Pl) incoloras, que en su mayoría desarrollan formas subhédricas y presentan maclado tipo Albita-Cardsbad/ Albita. Minerales de feldspatos (Kfs) incoloros, algunos con desarrollo de maclado tipo Albita, en su mayoría de forma subhédrica. En pequeña proporción se presentan cristales de alto relieve y formas euhedricas (rómica) de circones (Circ).

Los minerales máficos presentes son opacos (Opq) los cuales se diferencian en 2 grupos de individuos según su forma y según su color; unos de contornos euhedrales bien definidos y otro de contornos subhédricos y deflecados. En relación al color unos son negros y otros incoloros. También cristales de biotitas (Bt) que muestran buen desarrollo de clivaje. Su color es marrón pardo, se divide en dos grupos bien definidos, uno de ellos con fuerte pleocroísmo que toma colores pardo claro a amarillento, de forma subhédrica. Mientras que el otro grupo se presenta con leve pleocroísmo, de formas anhédricas y de color pardo oscuro. La proporción en la que se encuentran estos minerales en el agregado suelto analizado, en orden decreciente es la siguiente: Qz - Pl – Kfs – Opq=Bt – Circ.



Mediante análisis granulométrico e interpretación de la curva resultante se puede decir que, según su forma y pendiente, el material corresponde a una arena uniforme, mal graduada (según los valores de Cu: 3 y Cc: 1; Tabla N°26), similar al depósito anterior.

Analizando los porcentajes retenidos en peso del análisis granulométrico la muestra contiene un tamaño representativo de fracción arena (94,7%), del tipo Arenas Medias (70%), valor coherente al resultado obtenido del módulo de fineza (MF: 2,6) lo que permite clasificarla como una arena mediana, con un porcentaje de finos igual al 4,1 por ciento (siendo el espécimen que muestra mayor fracción fina constituyente).

Los resultados del análisis de los granos de fracción Lapilli (> 2mm) estudiados revelaron valores de esfericidad y redondez de 0,3 a 0,9. De la fracción Ceniza Muy Gruesa se obtuvieron valores de esfericidad de 0,3 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,5) y redondez de 0,3 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,7). Los constituyentes de la fracción Ceniza Gruesa mostraron valores de esfericidad de 0,5 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,5) y redondez de 0,5 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,9). (Anexo: Tabla N°13).

En general el tamaño mayormente representado en la muestra comprende la granulometría de Cenizas Muy Gruesas a Medias cuyo porcentaje granulométrico es 70,3 por ciento en peso. Menos del 4,6 por ciento en peso corresponde a la fracción Lapilli Fina.

4.3.2.5 DEPOSITO P.A.S. N°1

Los minerales asociados constituyentes de la muestra analizada, corresponden a cristales de cuarzo (Qz) en individuos límpidos e incoloros, de contornos subhedros y bajo relieve. Que presenta desarrollo de leve extinción ondulosa y fractura conoidea. Minerales incoloros de plagioclasa (Pl), de bajo relieve en relación al balsamo, que desarrollan formas subhédricas a euhédricas, con zonación. Como minerales máficos se observaron cristales opacos (Opq) isótropos, de formas regulares (hexagonales), algunos de ellos con presencia de bordes suturales y desflecados, de color negro e incoloros. Cristales de biotita (Bt) en individuos de color marrón parduzco, que muestran leve pleocroísmo, y formas subhedras a anhedras con hábito fibroso. La proporción en la que se encuentra esta asociación mineral, en el agregado suelto analizado, en orden decreciente es la siguiente: Qz - Pl - Opq. – Bt.

Mediante análisis granulométrico e interpretación de la curva resultante se puede decir que, según su forma y pendiente, el material corresponde a una arena uniforme, mal graduada (según los valores de Cu: 3 y Cc: 1; Tabla N°27), que muestra una curva de pendiente semejante al depósito anterior.

Analizando los porcentajes retenidos en peso del análisis granulométrico la muestra contiene un tamaño representativo de fracción arena (93,7%), del tipo Arenas Medias (72%), valor coherente al resultado obtenido del módulo de fineza (MF: 2,4) lo que permite clasificarla como una arena mediana.

Los resultados del análisis de los granos de fracción Lapilli (> 2mm) estudiados revelaron valores de esfericidad y redondez de 0,3 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,5). De la fracción Ceniza Muy Gruesa se obtuvieron valores de esfericidad de 0,3 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,7) y redondez de 0,3 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,3). Los

constituyentes de la fracción Ceniza Gruesa mostraron valores de esfericidad de 0,5 a 0,9 y redondez de 0,5 a 0,9 (siendo representativo el valor 0,7) (Anexo: Tabla N°14).

En general el tamaño mayormente representado en la muestra comprende la granulometría de Cenizas Muy Gruesas a Medias cuyo porcentaje granulométrico es 71,6 por ciento en peso. Menos del 4,5 por ciento en peso corresponde a la fracción Lapilli Fina.

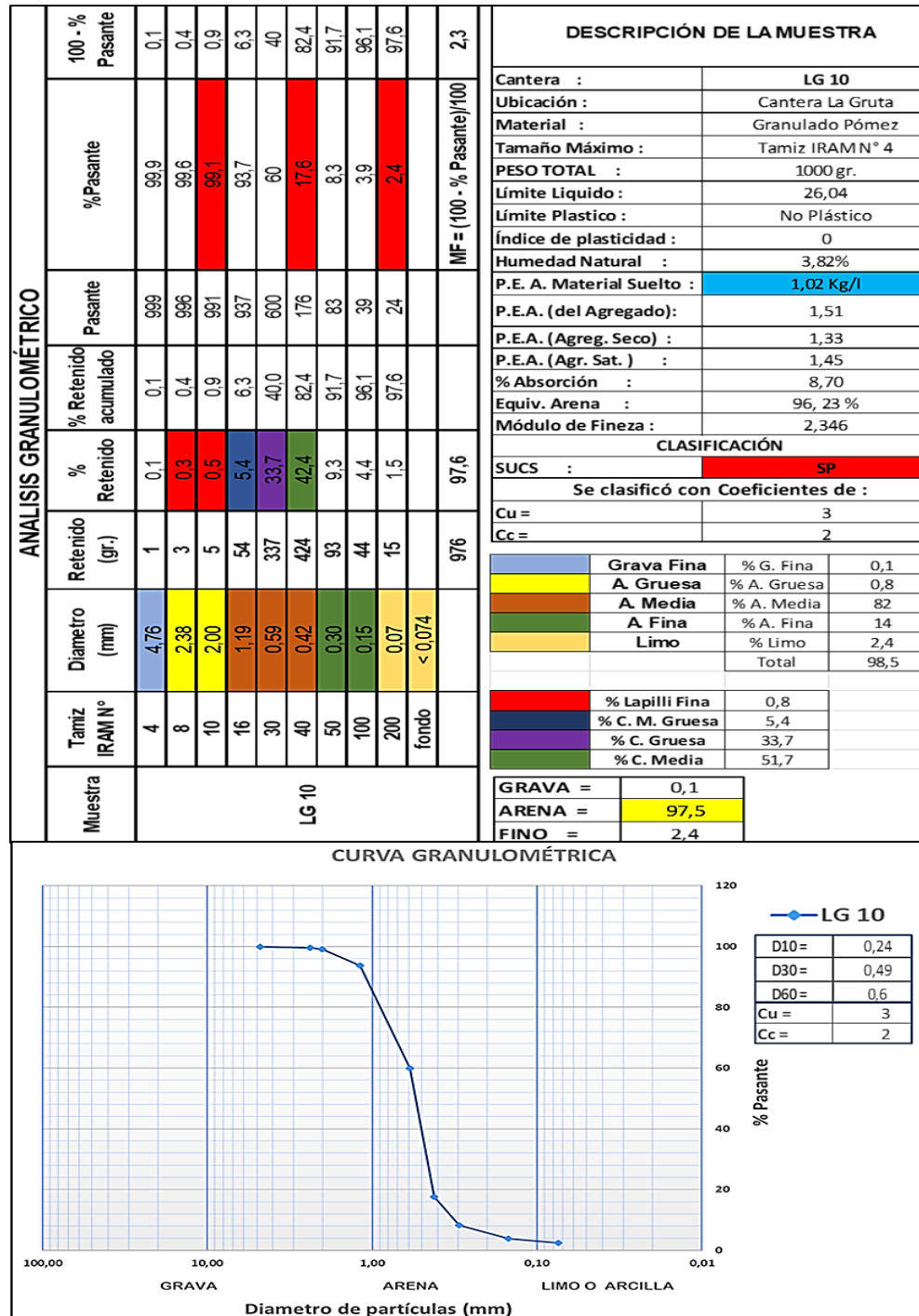


Tabla N° 23 – Análisis Granulométrico de la muestra tomada del cuerpo Barjón N°1, utilizando la serie de tamices IRAM N°4, N°8, N°10, °16, N°30, N°40, N°50, N°100 y N°200, con su correspondiente curva granulométrica.

“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”

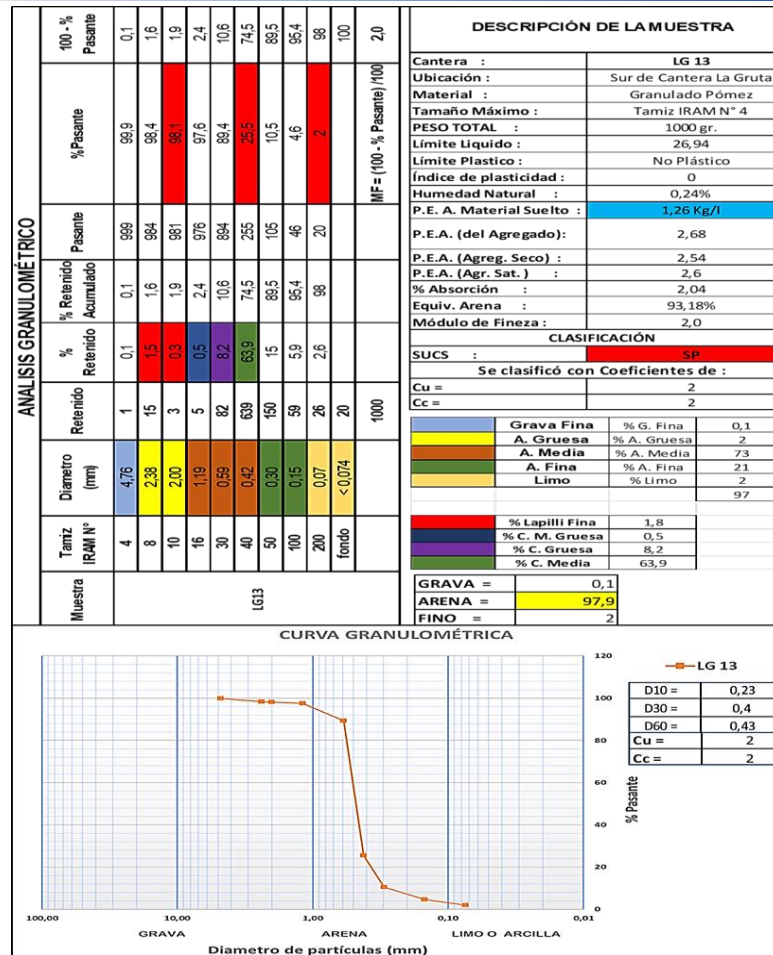


Tabla N° 24 – Análisis Granulométrico de la muestra tomada del cuerpo Barján N°4, utilizando la serie de tamices IRAM N°4, N°8, N°10, °16, N°30, N°40, N°50, N°100 y N°200, con su correspondiente curva granulométrica.

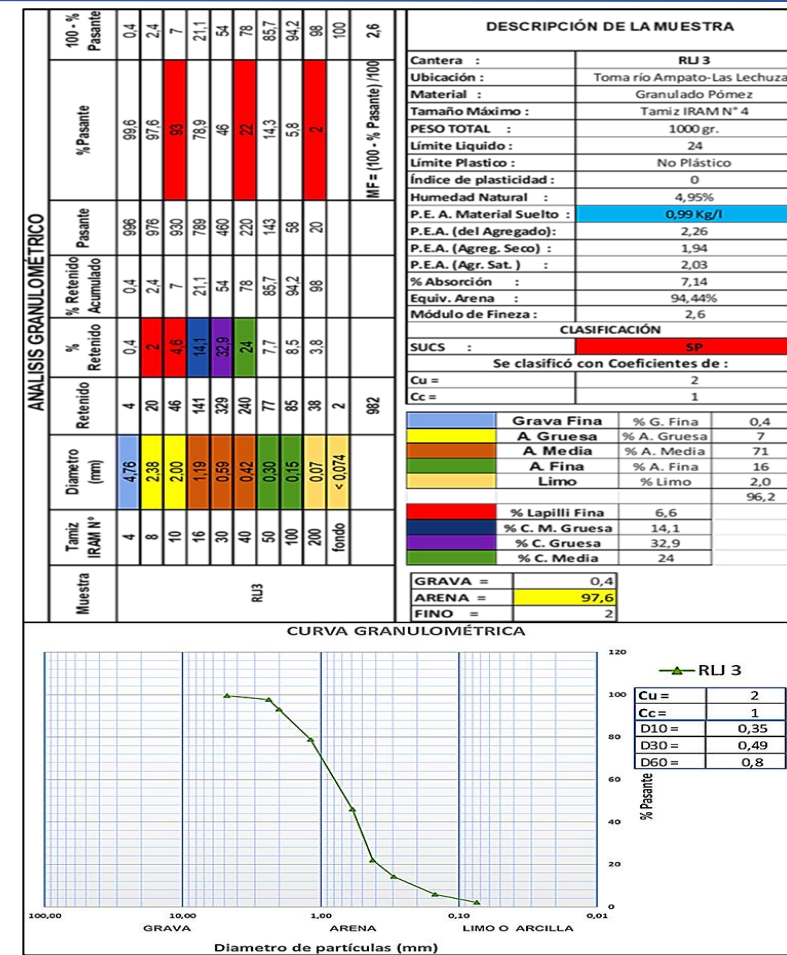


Tabla N° 25 – Análisis Granulométrico de la muestra tomada del cuerpo RL-002, utilizando la serie de tamices IRAM N°4, N°8, N°10, °16, N°30, N°40, N°50, N°100 y N°200, con su correspondiente curva granulométrica.

“Caracterización Geológica-Minera de los depósitos de Granulado Pómez, situados en zonas aledañas a la localidad de Palo Blanco, departamento Tinogasta, provincia de Catamarca.”

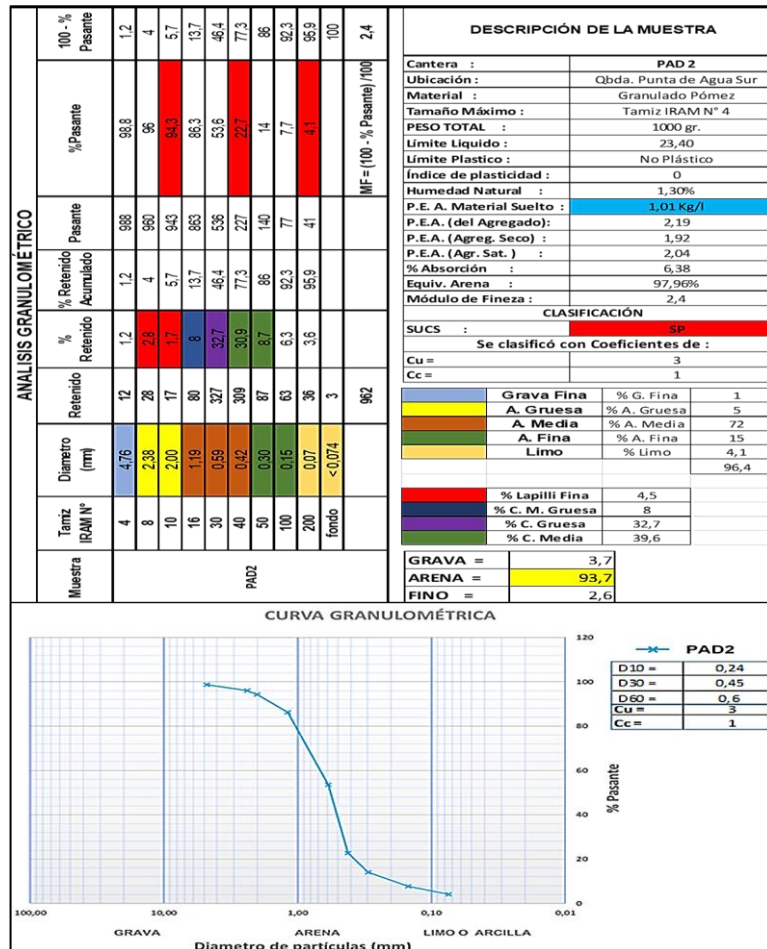


Tabla N° 26 – Análisis Granulométrico de la muestra tomada del cuerpo PAS N°1, utilizando la serie de tamices IRAM N°4, N°8, N°10, °16, N°30, N°40, N°50, N°100 y N°200, con su correspondiente curva granulométrica.

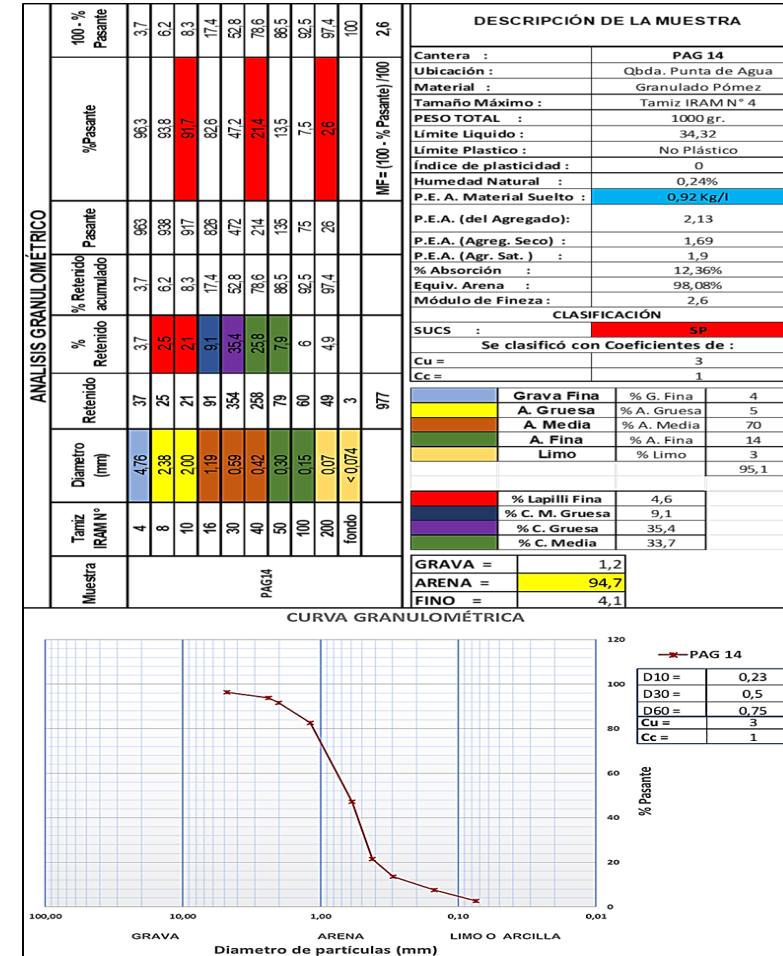


Tabla N° 27 – Análisis Granulométrico de la muestra tomada del cuerpo PAN N°4, utilizando la serie de tamices IRAM N°4, N°8, N°10, °16, N°30, N°40, N°50, N°100 y N°200, con su correspondiente curva granulométrica.



4.3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-QUÍMICAS

La interpretación de los resultados del análisis granulométrico también permitió clasificar el material según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS, usado en ingeniería y geología, definiendo la textura y el tamaño de las partículas presentes. De ello, resulta que todas las muestras se clasifican, según la SUCS, como suelos granulares gruesos (> 50% de la fracción gruesa es retenido en tamiz N°200), del tipo Arena Limpia Pobrementemente Graduada o SP (> 50% de la fracción gruesa pasa tamiz N°4), donde las fracciones finas presentes no superan el 12% del total de cada muestra analizada. Dichos constituyentes finos analizados, en todos los casos, presentaron valores de Límites Líquidos no superiores al 50% e Índices de Plasticidad iguales a cero, lo que ayudo a interpretarlos como limos carentes de plasticidad (Anexo: Tabla N°5).

Individualmente cada depósito muestra leves diferencias en proporción de sus materiales granulométricos, pero todos son coherentes en presentar más del 93% de clastos de tamaño menor a 4,76 mm, y menos de 2,6% de finos, siendo el depósito P.A.N. N°4 el que contiene la mayor proporción (4,1%) de la fracción de tamaño $\leq 0,075$ mm. Así mismo, la muestra que presenta mayores porcentajes en peso de la fracción piroclástica comprendida entre < 2 y > 0,30 mm (Ceniza M. Gruesa, Gruesa y Media) corresponde al depósito Barján N°1 (81,5%), siguiendo en orden decreciente, los depósitos Barján N°2 (72,6%), P.A.S. N°1 (71,6%), RLJ-002 (70,3%) y por último el depósito P.A.S. N°1 (71,0%).

Para tener una idea estimativa de la proporción en la que se presentan las partículas piroclásticas en relación a las sedimentarias, se analizaron los resultados obtenidos de los parámetros detallados a modo de síntesis en la Tabla N°28, resultando:

- Que los materiales ubicados cercanos a los cauces presentan mayores porcentajes de Humedad Natural (Anexo: Tablas N°3), siendo ellos: el depósito RLJ-002 (4,95%) contiguo al flujo de agua permanente del río La Cañada, y los depósitos Barján N°1 (3,84%) y P.A.N. N°4 (2,50%), ambos adosados a un borde montano lindante a un río de curso transitorio.
- El peso Específico Aparente Suelto determinado toma valores en un rango establecido entre los 0,99 gr/ml (depósito RLJ-002) y 1,26 gr/ml (Barján N°4) (Anexo: Tabla N°4).
- La muestra que presenta menor Peso Específico Aparente es la del depósito Barján N°1 (1,51 gr/cm³). Los demás depósitos presentan los siguientes valores: P.A.N. N°4 (2,13 gr/cm³), P.A.S. N°1 (2,19 gr/cm³), RLJ-002 (2,26 gr/cm³), siendo el material más pesado el constituyente del depósito Barján N°4 (2,68 gr/cm³) (Anexo -Tabla N°6).
- Los materiales piroclásticos presentes en los depósitos poseen porosidad y oquedades, las cuales se estiman según el Porcentaje de Absorción (%A) obtenido de cada depósito, nombrados de mayor a menor, a continuación: P.A.N. N°4 (12,36%), Barján N°1 (8,70%), RLJ-002 (7,14%), P.A.S. N°1 (6,38%) y Barján N°4 (2,04%) (Anexo: Tabla N°6).

Resulta importante notar que del análisis de los valores obtenidos del peso específico aparente suelto y absorción del depósito Barján N°4, se deduce que el mismo conforma mayormente un depósito de origen sedimentario clástico terrígeno con un porcentaje de material piroclástico escaso, coherente con lo observado en campo (ítem 4.3.1.1.2).

Muestra	LG10	LG13	RLJ3	PAg2	PAD14
%Humedad natural	3.82	0.24	4.95	1.30	2.50
P.E.A. Material Sueto(gr/ml)	1.02	1.26	0.99	1.01	0.92
P.E.A. (del agregado) (gr/ml)	1.51	2.68	2.26	2.19	2.13
P.E.A. (Agr. Seco)(gr/ml)	1.34	2.55	1.94	1.92	1.69
P.E.A. (Agr. Sat.)(gr/ml)	1.45	2.60	2.08	2.04	1.90
%Absorsion (24 hs)	8.70	2.04	7.14	6.38	12.36

Tabla N° 28 – Resumen de parámetros físicos de cada Muestra.

Para definir la aptitud como árido útil en la elaboración hormigones, se deben tener presentes otros parámetros físicos-químicos, como lo son: el Equivalente de Arena (E.A.), Módulo de Fineza (MF) y Porcentaje de sales solubles, Porcentajes de Índices de Actividad Puzolánica y su quimismo (Análisis químicos). Analizando los resultados obtenidos se determinó lo siguiente:

- Comparando los diferentes E.A. (Tabla N°29) con los rangos establecidos en el ítem 2.2.2.4, se define que los depósitos están compuestos por arenas de excelente calidad (E.A > 90%), útiles para elaborar hormigón debido a que el índice representativo de la proporción y característica de los finos no afectara las propiedades generales del pastón.
- Comparando los resultados obtenidos de los MF de las muestras analizadas (Tablas N°23 a N°27), con el rango establecido por el reglamento argentino CIRSOC 201 (ítem 2.2.5), se concluye que, a excepción del depósito Barján N°4, son aptas para usarse en condición in situ (tal cual se extrae del depósito), sin realizar ajustes en las proporciones de la mezcla. Dicho depósito tiene un MF:2,0 por lo que requiere modificar su granulometría, mezclándose con otro material para compensar el efecto de variación granulométrica y así hacerlo un material aprovechable.
- Comparando los valores determinados como contenido de sales solubles y sulfatos (Tabla N°30) con los establecidos por el CIRSOC 201 (Tabla N°6, ítem 2.2.5), se define que todos los depósitos son útiles para ser usados en mezclas de hormigón, cumpliendo con los requisitos de la norma IRAM 1647. Cuyos porcentajes no sobrepasan 0,43% de sales.
- Analizando los porcentajes de Índices de Actividad Puzolánica (% I.A.P) obtenidos en laboratorio (Anexo: Tablas N°8), se nota que verificaron cumplimiento de la Norma IRAM 1668, cuyo requisito condiciona obtener valores de porcentajes de I.A.P > 75%, siendo el menor valor del 93,18% (depósito Barján N°4). Lo que les brinda una alta capacidad para reaccionar con el hidróxido de calcio y formar compuestos hidráulicos similares a los que se generan durante la hidratación del clinker del cemento. Esto da a la idea de que su composición mineralógica (que depende de la naturaleza y proporción de las fases activas presentes en la puzolana) y la finura del agregado (o superficie específica), fueron óptimos para realizar dicho ensayo.
- Los resultados de los análisis químicos realizados (Anexo: Tabla N°7) definen materiales clasificados como “Puzolanas Volcánicas de origen Natural”, del tipo ácidas, que exhiben excelentes características químicas y de puzolanidad. Por lo que son útiles de usar como aditivo directo en la fabricación de hormigón, mortero y cemento puzolánico (Anexo: Tablas N°15, N°16 y N°17).

Muestra	Lectura del Nivel Sup. de la Arena	Lectura del Nivel Sup. de los finos	Equivalente de Arena (E.A.)
LG10	51	53	96,23
LG13	41	44	93,18
RLJ3	51	54	94,44
PAg2	48	49	97,96
PAD14	51	52	98,08

Tabla N° 29 – Valores del Equivalente de arena de las muestras analizadas.

Muestra	N° Capsula	Tara de Capsula (T)	Peso de Capsula más sal (P)	% Sales (%PS)
LG10	N° 3	66,816	66,899	0,415
LG13	N° 9	104,212	104,295	0,415
RLJ3	N° 0	70,16	70,244	0,42
PAg2	N° 8a	63,064	63,151	0,435
PAD14	N° 1	67,555	67,637	0,41

Tabla N° 30 – Valores determinados en laboratorio correspondientes al Porcentaje de sales solubles de cada muestra estudiada.

4.4 ENSAYOS DE COMPRESIÓN

Con las dosificaciones propuestas se elaboraron bloques de hormigón huecos tipo gafa de 15x18x40 (dimensiones en centímetros), que pesaron un promedio por pieza no superior a los 8.000 gr (a excepción de la mezcla realizada con material del Barján N°4 que presento pesos promedios de 9.200 gr), consiguiendo fabricar prefabricados livianos, en relación a los preparados con hormigones normales, que pesan alrededor de 12.500 gr.

Para obtener los valores de resistencias promedio fue importante determinar los valores de superficie exterior, interior, efectiva y la carga efectiva de corte de cada bloque, valores que se detallan en las Tablas N°31 y N°32.

Una vez realizado el ensayo de corte se determinó la presión ejercida por cada prensa hasta llegar a la rotura y poder calcular así la resistencia total y efectiva de cada bloque realizado, datos requeridos para obtener la resistencia promedio de cada pastón elaborado siguiendo la metodología planteada en los ítems 3.1.3.3.1 y 3.1.3.3.2. Así se obtuvieron resistencias promedio de 1 a 2 kg/cm² para los bloques realizados con molde metálico y de 2 a 8 kg/cm² para los ejecutados con maquina bloquera ponedora semiautomática (Anexo: Tablas N°18 y N°19). Dichos valores se compararon con los rangos de resistencia establecidos por el Reglamento Empírico Argentino CIRSOC 103, "Para Construcciones de Mampostería Sismorresistentes", 1991 (Tabla N°9, Capítulo II "Marco Teórico", ítem 2.2.7.3) que clasifica Bloques de Hormigón Hueco Portantes Tipo I, Tipo II (resistencia a compresión: 45,89 kg/cm²) y Tipo III (resistencia a compresión: 30,59 kg/cm²), y se llegó a concluir que los pastones elaborados ¹⁸ no pudieron conformar Bloques de Hormigón Hueco Portantes, debido a que la máxima resistencia obtenida se encontró muy por debajo de lo requerido.

¹⁸ Pastón 1: 15% de cemento y 85% de granulado pómez, sin triturar. Pastón 2: 20% de cemento y 80% de granulado pómez, sin triturar.

PRIMEROS BLOQUES DE HORMIGON- LAB. GUIDO MOGUETA										
Cantera (Muestra)	Paston	Pesos Bloques	Altura (cm)	Longitud Exterior (cm)	Ancho Exterior (cm)	Ancho Interior (cm)	Longitud Interior (cm)	Superficie		
								Exterior (cm ²)	Interior (cm ²)	Efectiva (cm ²)
CLG1	paston 1	7652	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		8215	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		7606	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
CLG15	paston 2	6575	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		6965	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		6878	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
CLG18	paston 3	8090	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		8126	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		6878	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
Pad2/PAb3	paston 4	6814	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		6310	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		6458	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
LJC1	paston 5	9561	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		9560	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88
		8773	18	40	15	9,8	14,7	600	288,12	311,88

Tabla N° 31 – Características y parámetros medidos de cada bloque realizado en el laboratorio de la Cantera Guido Mogueta, cuyas dosificaciones se detallan en la Tabla N°20.

SEGUNDOS BLOQUES DE HORMIGON- SINDICATO DE EMPLEADOS VIALES DE CATAMARCA											
Cantera (Muestra)	Ref.	Paston	Pesos Bloques (gr.)	Altura (cm)	Longitud Exterior (cm)	Ancho Exterior (cm)	Ancho Interior (cm)	Longitud Interior (cm)	Superficie		
									Exterior (cm ²)	Interior (cm ²)	Efectiva (cm ²)
CLG10	○	paston 15%	6642	18,9	39,8	15	9,9	16	597	316,8	280
			6348	18,8	40	14,8	10	15,8	592	316	276
			6663	18,8	40	14,8	10,1	15,9	592	321,18	271
			6594	18,8	39,8	15	10	16	597	320	277
	●	paston 20%	6736	19	40	15	10	15,5	600	310	290
			7239	18,9	40	14,9	10	15,6	596	312	284
			7178	19	40	15	10	15,8	600	316	284
			7041	19	39,9	15	10	15,6	598,5	312	287
CLG13	△	paston 15%	7906	19	40	15,2	10	16,2	608	324	284
			7704	19	40	15	10	15,9	600	318	282
			7858	19,1	40	15	9,7	16	600	310,4	290
	▲	paston 20%	7979	19	42	15	10	15,9	630	318	312
			8067	18,9	40	15	10	15,7	600	314	286
			7677	18,8	39,8	15	13	16	597	416	181
RLJ3	X	paston 15%	6637	19	39,9	15	10	16,1	598,5	322	277
			6562	18,6	40	15	9,9	15,9	600	314,82	285
			6273	18,7	40	15	10	15,9	600	318	282
			5966	18,6	40	15	10	16	600	320	280
	⊗	paston 20%	6354	18,8	39	15	10	15,4	585	308	277
			6372	18,8	39	15	10	15,9	585	318	267
			6269	19	39	14,9	10	16	581,1	320	261
			6403	18,8	39	15	9,9	15,9	585	314,82	270
PAG2 (Sur)	□	paston 15%	6306	19	39,7	15	10	15	595,5	300	296
			5840	18,6	39,9	15	10	15,8	598,5	316	283
			6283	19	39,9	15	10	15,8	598,5	316	283
			6136	18,8	40	15	10	15,9	600	318	282
	■	paston 20%	6326	18,8	40	15	9,8	15,9	600	311,64	288
			6137	18,9	40	14,9	10	15,8	596	316	280
			6197	18,8	40	15	10,1	15,6	600	315,12	285
			6329	18,8	41	15	10	15,9	615	318	297
PAG14 (Norte)	▭	paston 15%	6163	18,8	40	15	10,2	15,8	600	322,32	278
			6139	18,9	39,8	15	9,9	15,8	597	312,84	284
			5965	18,9	39,8	15	9,8	15,6	597	305,76	291
	▬	paston 20%	5778	18,4	39,8	15	10	15,7	597	314	283
			6293	18,6	40	15	9,9	15,9	600	314,82	285
			5893	18,7	40	15	10	16	600	320	280

Tabla N° 32 – Características y parámetros medidos de cada bloque realizado en la bloquera del sindicato de viales de Catamarca, cuyas dosificaciones se detallan en la Tabla N°21.



4.5 CUBICACIÓN

Siguiendo la metodología planteada en el ítem 3.1.3.5 del Capítulo III, se obtuvieron reservas aproximadas de granulado pómez de 3.331,88 toneladas. Mientras que los recursos presentes en el área de estudio cubren una superficie aproximada de 14.786,53 m² detalladas en el Anexo (Tablas N° 20 y 21), detalladas a continuación:

RESERVAS MEDIDAS (m3)	3266,55
RESERVAS MEDIDAS (t)	3331,88
RECURSOS MEDIDOS (m2)	14786,53

Tabla N° 33 – Valores de Reservas y Recursos de Granulado Pómez presentes en el área de estudio.

Cabe destacar que las Reservas obtenidas (Tabla N°33) se calcularon sobre el depósito Barján N°1, cuyo perímetro se subdividió en once (11) triángulos. Mientras que los Recursos presentes en el área fueron determinados a partir de la superficie aparente cubierta por los depósitos Barján N°2, Barján N°4, RLJ-002, P.A.N. N°1, P.A.N. N°4 y P.A.S. N°1.



CAPÍTULO V – CONSIDERACIONES FINALES



5.1 CONCLUSIONES

- * El material analizado “Granulado Pómez”, proviene de erosión y arrastre eólico de material piroclástico y de flujos ignimbríticos sueltos, asociados a la gran erupción de edad Pleistoceno Medio-Holoceno del volcán Cerro Blanco, ubicado en Puna Austral. El cual generó grandes acumulaciones que cubrieron la depresión de Carachi Pampa y formaron el Campo de Piedra Pómez, desde donde se transportó el material de estudio por acción del viento, a través de la Quebrada de las Papas (Cordillera de San Buenaventura), depositándolo en el Bolsón de Fiambalá.
- * Los depósitos conforman geoformas eólicas dunarias, barjanoides y paralelas, o mantos de arena, de pequeña extensión longitudinal, adosados a obstáculos topográficos entre las quebradas y lechos de ríos de áreas montanas y pedemontanas, del borde noroccidental del valle del Abaucán.
- * Los valores de reservas aproximadas de granulado pómez estimadas son de 3.331,88 toneladas, mientras que los recursos presentes en el área de estudio cubren una superficie de 14.786,53 m².
- * Los depósitos están conformados por material que, según parámetros granulométricos, se clasifican como Arena Limpia Pobremente Graduada o SP (Clasificación SUCS), con muy poco contenido en finos, correspondientes a limos no plásticos. Mediante análisis visual con lupa, se determina que la fracción definida como arena media, corresponde a fragmentos piroclásticos de granulometría comprendida entre Cenizas Muy Gruesas a Cenizas Medias, cuyos porcentajes varían entre los depósitos.
- * De acuerdo a los valores obtenidos del Equivalente de Arena, Módulo de Fineza, contenido de sales solubles y sulfatos, y los porcentajes del Índice de Actividad Puzolánica de los materiales, se clasifica como óptimo el material árido y útil para elaborar hormigón de alta pureza, calidad y elevada capacidad para formar compuestos hidráulicos con excelentes propiedades de calor de hidratación, fraguado y durabilidad, similares a los que se generan durante la hidratación del clinker del cemento.
- * Según los constituyentes mineralógicos y el quimismo, sumado a los óptimos porcentajes de I.A.P. de las muestras, se clasifican a los depósitos como “Puzolanas Volcánicas de origen Natural” de carácter ácido.
- * Los prefabricados de hormigón tipo gafa realizados se clasificaron como bloques livianos debido a que su peso promedio por pieza en general no supera los 8.000 gramos.
- * Ningún pastón elaborado generó Bloques de Hormigón Hueco Portantes con resistencias adecuadas para usos en obras de mampostería con fines estructurales.
- * La resistencia a compresión de los bloques elaborados quedó condicionada a la proporción en la que se dosificó el cemento en cada pastón, debido a que las mezclas se formaron con un agregado pétreo (granulado pómez), del tamaño de arena media a fina. Por lo tanto, si se pretende cumplir con los índices establecidos para resistencia de bloque portante, se recomienda mezclar dicho material con un árido de mayor tamaño, tipo granza (> 4 mm de diámetro), para lograr mayores resistencias, sin usar demasiado cemento.



- * El presente informe aporta conocimientos y características interesantes sobre los depósitos puzolánicos ubicados en territorio provincial, definiendo interesantes recursos geológicos con óptimas capacidades aglomerantes, potenciando su uso en la industria cementera y de los prefabricados.

5.2 RECOMENDACIONES

- * Los estudios realizados sobre las propiedades físicas-químicas y mineralógicas del material sedimentario, permiten recomendar su uso como árido liviano, para elaborar mampuestos en tabiquería, pero no con fines estructurales.
- * Se sugiere realizar estudios de prospección, ya sea mediante sondeos geofísicos o perforaciones, para determinar la potencia de los depósitos analizados.
- * Se aconseja evitar daños innecesarios a la cubierta ecológica (flora y fauna) y suelo al realizar cualquier tarea prospectiva, exploratoria o de explotación de los recursos mencionados, para minimizar impactos negativos a la ecorregión.
- * En caso de realizar explotación del recurso se recomienda respetar los límites de zonas canterables y las márgenes de los cuerpos. Se sugiere no acopiar por largos periodos este material ya que por su baja densidad y por la fuerte acción eólica, podría generar consecuencias nocivas en zonas aledañas.
- * La explotación de los depósitos pumíceos puede efectuarse a través de métodos mineros primarios con mínimo impacto ambiental, sin demanda de tecnología sofisticada ni mano de obra calificada, debido a que en todos los casos el material se encuentra en estado friable.
- * Se propone el uso de este material en la industria del cemento debido a que los altos índices de actividad puzolánica, sumado a la pequeña granulometría en la que se presentan acumulados, los hacen grandes candidatos para tal fin.
- * Se aconseja realizar estudios prospectivos y de investigación en zonas aledañas al área de estudio para ampliar las reservas en el territorio catamarqueño, debido a que por fotointerpretación se observaron depósitos con características visuales semejantes a los estudiados en el presente trabajo.
- * Se recomienda continuar realizando estudios de investigación sobre diversas aplicaciones del material granulado pómez en otras industrias para acrecentar la riqueza mineral de la provincia de Catamarca.



BIBLIOGRAFÍA

6.1 PUBLICACIONES, INFORMES REGLAMENTOS Y SITIOS WEB VISITADOS

- Báez, W., Arnosio, M., Chiodi, A., Bustos, E., Giordano, G., Viramonte, J., . . . Pérez Torrado, F. (2017). Estilo eruptivo y dinámica de flujo de las corrientes de densidad piroclásticas asociadas a la gran erupción del Cerro Blanco, Puna Austral. 7- 11 Agosto. San Miguel de Tucumán: XX Congreso Geológico Argentino.
- Báez, W., Arnosio, M., Chiodi, A., O., O. Y., Viramonte, J., Bustos, E., . . . J.F., L. (2015). Estratigrafía y evolución del Complejo Volcánico Cerro Blanco, Puna Austral, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 32, 29-49.
- Benítez, Y. N. (2016). Impregnación de grano suelto. Práctica Profesional Supervisada: Caracterización mineralógica de tres playas de la costa atlántica uruguaya. Universidad Nacional de Córdoba.
- Bloques de Concreto: Historia y Diseño de los bloques de concreto. (2019). Obtenido de <https://bloqueras.org/>: <https://bloqueras.org/bloques-concreto/>
- Bloques de hormigon: Historia, Definición, Tipos y Clasificación. Edificaciones Arquitectonicas "II". Universidad Nacional del Altiplano. (2019). Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/133299985/Bloques-de-Hormigon>
- Carreras, L., Soriano, M., & Capra, L. (2008). Estudio granulométrico comparativo de los depósitos epiclásticos en ambientes volcánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Geologica*, vol.25, no.1 México.
- Cemento fuerte tipo HOLCIM. Especificaciones técnicas. (s.f.). Obtenido de LafargeHolcim: https://www.portaldirecta.com/portaldirecta/cr/CR_PE_01_CEMENTOFU.pdf
- Ciudad de Tinogasta, Acceso. (2019). Obtenido de <http://geografiacatamarca.blogspot.com/>: <http://geografiacatamarca.blogspot.com/2015/11/Tinogasta-Catamarca.html>
- Clasificacion de Recursos y Reservas de Mc Kelvey. (2019). Obtenido de <https://slideplayer.es/>: <https://slideplayer.es/slide/1727232/>
- Compactacion del concreto. (2019). Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/290065998/Compactacion-Del-Concreto>
- Comptom, R. R. (1962). Patrones para la estimación visual de porcentajes en rocas con disintos grados de homogeneidad . En R. R. Comptom, *Manual of Field Geology*. (pág. 378). John Wiley & Sons.
- Cuencas Hidrograficas de la Provincia de Catamarca. (2018). Obtenido de Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Catamarca (IDECAT): <https://www.docsity.com/es/cuencas-hidrograficas-de-catamarca/4574694/>
- Detwiler, R. J., Bhattacharja, S., & Bhattya, J. I. (1996). PCA Research and Development Bulletin RD112 T. Supplementary Cementing Materials for Use in Blended Cements. Vicksburg, MS 39180. United States: Skokie, Ill. Portland Cement Association.
- Equivalente de arena de suelos y agregados finos. (2019). Obtenido de <https://www.erosion.com.co/presentaciones/category/23-normas-de-ensayo-de-materiales-para-carreteras.html?download=271:899-e-133>

- Fernández García, P. (2018). Geomorfología – Eólica. Universidad Complutense de Madrid. Dpto. Geodinámica, Facultad C.C. Geológicas. Obtenido de https://eprints.ucm.es/26197/1/Geomorfologia_EOLICA.pdf
- Ferreira, A. S. (2003). Informe Técnico económico de las canteras de piedra pómez de Palo Blanco. San Fernando del Valle de Catamarca: Informe Inédito.
- Fiambalá, departamento Tinogasta. Relieve, Clima e Hidrografía. (2014). Obtenido de <http://geografiacatamarca.blogspot.com/>:
<http://geografiacatamarca.blogspot.com/2014/10/Fiambala.html>
- Ficha Técnica: Cemento porland compuesto CP30 . (2017). Obtenido de http://www.lomanegra.com/wp-content/uploads/2017/09/Ficha_CPC_30.pdf
- Forma y textura de las partículas del suelo. Apuntes de Ingeniería Civil. (2010). Obtenido de <https://apuntesingenierocivil.blogspot.com/>:
<http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/10/forma-y-textura-de-las-particulas-del.html>
- Francile, Í., & Saseta, P. (2017). trabajo de tesis de grado: "Caracterización Geológico Minera de los Depósitos Puzolánicos, Campo los Pomales, Medanito, depto. Tinogasta". Catamarca: Informe Inédito.
- Gamboa de León Régil, O. E. (2005). Optimización del proceso de fabricación de bloques de concreto del estándar 15x20x40 cm, con grado de resistencia 28 kg/cm², caso específico fuerte-block máquinas #1 y #22. Guatemala.
- Gordillo, T. (2019). Manual Técnico de la mampostería de bloques de Hormigón. Obtenido de Asociación Argentina de Bloques de Hormigón : <https://web.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/Mamposteria-de-bloques-de-hormigon-AABH-ICPA.pdf>
- Granulometría. Serie de tamices. (2019). Obtenido de <https://www.scribd.com/>:
<https://es.scribd.com/doc/52912606/Serie-tamices>
- Ibarcená Lajo, C. R. (2013). Uso de concreto ligero con agregados de roca volcánica en la fabricación de unidades de albañilería no estructural. Arequipa – Peru: Universidad Católica de Santa María. Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Medio Ambiente.
- Instrucción de hormigón especial: Clases generales de exposición en relación a la corrosión de armaduras y Clases específicas de exposición ambiental en relación con otros procesos de degradación distintos de la corrosión. Instrucción de hormigón especial. (2019). Obtenido de <http://www.carreteros.org/>:
<http://www.carreteros.org/normativa/ehe/apartados/8a.htm>
- Intituto de Investigaciones Mineras, F. d. (2016). Informe de Ensayos Granulométricos. Catamarca: Informe Inédito.
- Juárez Badillo, E. (2005). Fundamentos de la Mecánica de Suelos. En E. Juárez Badillo, Mecánica de Suelos. Tomo I. México: Limusa.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Portland Cement Association (PCA). Fundamentos del Concreto. Ceniza Volante, Escoria, Humo de Sílice y Puzolanas Naturales. Agua de Mezcla para el Concreto. Agregados para Concreto. Obtenido de <https://www.academia.edu/>:

https://www.academia.edu/29059360/PCA_Dise%C3%B1o_y_Control_de_Mezclas_de_Concreto

- Machado, L. M., & Parmigiani, M. S. (1985). Hormigón Liviano de Estructura Compacta, Dimensionamiento, Elaboración y Control. En INTI, Reglamento CIRSOC 202. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), 1997.
- Machado, L. M., & Parmigiani, M. S. (2005). Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. En INTI, Reglamento CIRSOC 201 (págs. Cap. 2, pág. 32 a 37; Cap. 3, pág. 42, 43, 45 y 46). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Machado, L. M., & Parmigiani, M. S. (2007). Reglamento Argentino de Estructuras de Mampostería. En INTI, Reglamento CIRSOC 501 (págs. Cap. 5, pág. 21 y 22). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Machado, L. M., & Parmigiani, M. S. (2007). Reglamento Empírico para Construcciones de Mampostería de Bajo Compromiso Estructural. En INTI, Reglamento CIRSOC 501-E. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Medición de áreas. Métodos sencillos de medición de áreas. (2019). Obtenido de <http://www.fao.org>:
http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s10.htm
- Mella Stappung, A. (2004). Estudio, Caracterización y Evaluación de Puzolanas Locales en la Masa Cerámica del Ladrillo. Chile: Universidad del Bío-Bío. Pág.,90.
- Menichetti, A. (2015). Diseño de máquina para la producción de productos de hormigón pre-elaborados. Análisis y verificación de sus componentes. pág. 9 a 17: Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales.
- Mineras, L. e. (2016). Informe de Ensayos Granulométricos. San Fernando del Valle de Catamarca: Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, UNCa.
- Montero López, M. C., Hongn, F., Brod, J. A., Seggiaro, R., Marret, R., & Sudo, M. (2010). Magmatismo ácido del Mioceno Superior-Cuaternario en el área de Cerro Blancola Hoyada, Puna Austral. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 329 - 348.
- Murcia, H. F., Borrero, C. A., Pardo, N., Alvarado, G. E., Arnosio, M., & Teresa, S. (2013). Depósitos Volcanoclasticos: Términos y conceptos para una clasificación. Revista Geológica de América Central, 15-39.
- Naturaleza y paisajes de Catamarca. (2005). Obtenido de Ruta 60, camino a Los Seismiles: <http://naturalezaypaisajesdecatamarca.blogspot.com/2014/10/Los-Seismiles-Ruta-60.html>
- Niz, A., Savio, M., Oviedo, J., Iramain, S., & Lamas, C. (2010). Caracterización geológica y geomorfológica del Valle de Tinogasta y el Bolsón de Fiambala. Catamarca: Atlas Catamarca. IMCoDeg - Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas- UNCA.
- Normas de Ensayos de la Dirección Nacional de Vialidad . (2018). Obtenido de <http://www1.frm.utn.edu.ar/labvial/Normas%20de%20Ensayo.pdf>
- Origen, definición y clasificación de rocas sedimentarias. (2013). Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/127021148/sedimentologia>

- Palmieri, C. N., Carma, M. I., & A., Q. (2009). Las ecorregiones presentes en Catamarca. Catamarca: Cátedra de Climatología Agrícola y Ecología Agraria. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCa. Obtenido de www.atlas.catamarca.gov.ar.
- Parmigiani, M. S. (1991). Reglamento Argentino INPRES-CIRSOC 103-Parte III: "Para Construcciones de Mampostería Sismorresistentes". Buenos Aires: INTI CIRSOC.
- Perímetro, área y volumen. Fórmulas. (2019). Obtenido de https://www.varsitytutors.com/https://www.varsitytutors.com/hotmath/hotmath_help/spanish/topics/perimeter-area-volume
- Permagini, M. S. (1991). Normas Argentinas para construcciones sismorresistentes. Parte III. Construcciones de Mampostería. En INTI, Reglamento IMPRES-CIRSOC 103 (págs. Cap. 2: pág. 17, 18; Cap. 5: pág. 19 a 25). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).
- Petrinovic, I., Grosse, P., Guzmán, S., & Caffè, P. (2017). Evolución del volcanismo cenozoico en la Puna Argentina. San Miguel de Tucumán: Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino.
- Polanski, J. (1962). Estratigrafía, Neotectónica y Geomorfología de del Pleistoceno Pedemontano entre los Ríos Diamante y Mendoza. Provincia de Mendoza. Asociación Geológica Argentina, 122-351.
- Positieri, M. J. (2017). Informes Técnicos: Análisis granulométrico, Dosificación y Moldeo de Mampuestos elaborados con agregados volcánicos. Córdoba: Informe Inédito.
- Recursos de la geosfera y sus reservas. (2019). Obtenido de <https://www.biologiasur.org/https://www.biologiasur.org/index.php/teoria/geosfera/recursos-de-la-geosfera-y-sus-reservas>
- Rivas, V., & Rosales, R. (2012). Geología y caracterización física de puzolanas de la zona oriental de Guatemala. . Guatemala.
- Rivera, G. A. (1990). Agregados para mortero o concreto. Concreto Simple. Obtenido de https://www.academia.edu/30205394/AGREGADOS_PARA_EL_CONCRETO_Y_MORTERO
- Rubiolo, D. (2001). Hoja Geológica 2769-IV. FIAMBALÁ. Provincias de Catamarca y La Rioja. Catamarca: Informe Inédito.
- Schalamuk, I., Fernández, R., & Etcheverry, R. (1983). Los Yacimientos de Minerales No Metalíferos y Rocas de Aplicación de la Región del NOA (Prov. de Catamarca, Jujuy, La Rioja, Salta y Tucumán). Buenos Aires: Subsecretaría de Minería, Anta Fe 1548-1060- Buenos Aires. República Argentina.
- Secretaría de Estado de Minería, D. d. (2005). Resumen: "Recurso Minero de Catamarca". San Fernando del Valle de Catamarca: Informe Inédito.
- Serafino, A. L. (2019). Cálculo del volumen. San Juan: Cátedra de Topografía - U.N.S.J.
- Sieron, K. (2006). Vulcanismo. Volumen 1. Mexico.
- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (2018). Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Unificado_de_Clasificaci%C3%B3n_de_Suelos

- Soria Santamaria, F. (1983). Las puzolanas y el ahorro energético en los materiales de construcción. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Tabla Clasificación SUCS. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (2019). Obtenido de <https://wanatimal.ml/sistema-unificado-de-clasificacion-del-suelo-tabla-de-plasticidad-descargar>
- Tineo, A. (2018). La provincia hidrogeológica de Valles Calchaquíes - Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo- U.N.T. Obtenido de <http://www.insugeo.org.ar>: http://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/scg_13/47_tineo.htm
- Tipo de hormigones. Clasificación. (2019). Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/doc/75711453/218-clasificacion-del-hormigon>
- Trabajo Práctico N°3: Determinación de redondez, esfericidad y ecuanticidad. (2019). Obtenido de https://www.academia.edu/23207639/TRABAJO_PR%C3%81CTICO_No_3_DETERMINACION_DE_REDONDEZ_ESFERICIDAD_Y_ECUANTICIDAD
- Trabajos Prácticos de Mecánica de Suelos. Catedra de Mecanica de Suelos. UNCa. (2007).
- Varela, M. (2012). Ríos del departamento Tinogasta. En M. Varela, Conociendo Nuestros Ríos. Escorrentia Superficial de la Provincia de Catamarca. (págs. 242 - 266). Catamarca: La Isla Editorial.
- Varela, M., Lobo, P., & Alvez, J. (2008). Cuenca del Abaucán- Colorado-Salado. En M. Varela, P. Lobo, & J. Alvez, La Hidrografía y el Agua en Catamarca (págs. 95-102). Catamarca: La Isla Editorial.
- UNCa., I. d. (2016). Informe de Ensayos Granulométricos de piedra pómez proveniente de la localidad de Palo Blanco. Departamento de Estudios y Proyectos de la SEM. Catamarca: Inédito.

ANEXO TABLAS

Divisiones principales	Símbolos del grupo	Nombres típicos	Criterios para la clasificación	
Suelos de partículas gruesas Más del 50% es retenido en la malla No. 200 Gravas 50% o más de la fracción gruesa se retiene en la malla No. 4 Gravas limpias Gravas con finos	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$	Mayor que 4
	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	Entre 1 y 3
	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.	No satisfacen ambos criterios para GW	
	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4.	
	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos	Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7	
	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4.	
Suelos de Grano Fino 50% o más pasa la malla No. 200 Arenas Más del 50% de la fracción gruesa pasa la malla No. 4 Arenas limpias Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	$C_u = D_{60}/D_{10}$	Mayor que 6
	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	Entre 1 y 3
	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos	No se satisfacen ambos criterios para SW	
Suelos de Grano Fino 50% o más pasa la malla No. 200 Limos y arcillas Con Límite Líquido con Límite Líquido de 50% o menor Limos y arcillas Con límite Líquido mayor de 50%	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas dobles	Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7	
	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4.	
	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos	Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7	
	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas	Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7	
Suelos con elevada proporción de materia orgánica	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad		
	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos. Identificación visual o manual		

Clasificación según el porcentaje de finos
 GW, GP, SW, SP
 GM, GC, SM, SC
 Clasificación indeterminada que requiere el uso de símbolos dobles

Pasa menos del 5% por la malla No. 200
 Pasa más del 12% por la malla No. 200
 Pasa del 5 al 12% por la malla No. 200

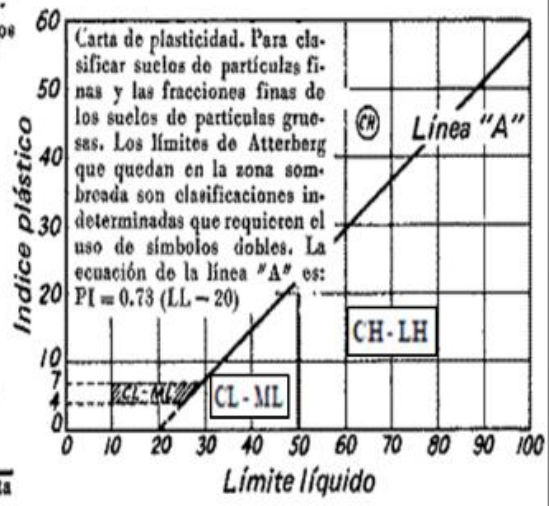


Tabla N° 1 - Proceso de Clasificación de suelos SUCS. (wanatimal.ml, 2019)

CLASE GENERAL DE EXPOSICION				
CLASE	SUBCLASE	DESIGNACION	TIPO DE PROCESO	DESCRIPCION
No Agresiva		I	Ninguno	Interiores de edificios no sometidos a condensaciones y elementos de hormigón en masa protegidos de la intemperie.
Normal	Humedad Alta	Ila	Corrosión de origen diferente de los cloruros	Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones. Exteriores con ausencia de cloruros, expuestos a lluvia de precipitación media anual > 600 mm. Elementos enterrados o sumergidos. Por ejemplo: Sótanos no ventilados, cimentaciones, tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación > 600 mm, elementos de hormigón en cubiertas de edificios.
	Humedad Media	Ilb	Corrosión de origen diferente de los cloruros	Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual < 600 mm. Por ejemplo: construcciones exteriores protegidas de la lluvia, tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual < a 600 mm.
Marina	Aérea	IIla	Corrosión por cloruros	Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km). Por ejemplo: Edificaciones proxim a la costa, puentes en proximidades de la costa, zonas aéreas de diques y otras obras de defensa litoral, instalaciones portuarias.
	Sumergida	IIlb	Corrosión por cloruros	Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente por debajo del nivel mínimo de bajamar. Por ejemplo: Zonas sumergidas de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral - cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.
	En zona de mareas	IIlc		Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de mareas. Por ejemplo: Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral, zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea.
Con cloruros de origen diferente del medio marino		IV		Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua, que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino. Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas. Por ejemplo: Piscinas, pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve y estaciones de tratamiento de agua.
CLASE ESPECIFICA DE EXPOSICION				
Química Agresiva	Débil	Qa	Químico	Elementos situados en ambientes cuyas sustancias químicas provocan la alteración del hormigón a velocidad lenta. Por ejemplo: Instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas. Construcciones proximidades a áreas industriales con agresividad débil.
	Media	Qb	Ataque Químico	Elementos en contacto con agua de mar. Elementos situados en ambientes cuya sustancias químicas son capaces de provocar la alteración del hormigón a velocidad media. Por ejemplo: Dolos, bloques y otros elementos para diques, estructuras marinas en general, instalaciones industriales con sustancias de agresividad media, construcciones eproximas a áreas industriales, instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media.
	Fuerte	Qc		Elementos situados encuyo contenidos de sustancias químicas son capaces de provocar alteración del hormigón a velocidad rápida. Por ejemplo: Instalaciones industriales con sustancias de agresividad alta, instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad alta.
Con Heladas	Sin Sales Fundentes	H	Ataque Hielo - deshielo	Elementos situados en contacto frecuente con agua o zonas con humedad relativa en invierno > 75 %, que tengan probabilidad anual de alcanzar, al menos una vez, temperaturas < -5°C. Por ejemplo: Construcciones en zonas de alta montaña o estaciones invernales.
	Con Sales Fundentes	F		Elementos destinados al tráfico de vehiculos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales, o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno < 0 °C. Por ejemplo: Tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña.
Erosión		E	Abrasión - Cavitación	Elementos sometidos a desgaste superficial. Elementos de estructuras hidráulicas donde cota piezométrica puede descender por debajo de la presión de vapor del agua. Por ejemplo: Pilas de puente en cauces muy torrenciales. Elementos de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes. Pavimentos de hormigón. Tuberías de alta presión.

Tabla N° 2 - Clases generales de exposición relativas a la corrosión de armaduras y clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión. (www.carreteros.org, 2019)

Muestra	Peso suelo en condicion de humedad natural (Wh) (gr.)	Peso suelo seco (Ws) (gr)	% Humedad
LG10	2500	2408	3,82
LG13	2500	2494	0,24
RLJ3	2500	2382	4,95
PAG2	2500	2468	1,30
PAD14	2500	2439	2,50

Tabla N° 3 - Porcentajes de humedad natural de las muestras analizadas.

Muestra	N° de Ensayo	Pesos Seco (gr)	Promedio de Pesos Secos (gr)	Volumen del Recipiente (ml)	Densidad Aparente Suelta (gr/ml)
LG10	P1	3556	3512	3448	1,02
	P2	3503			
	P3	3477			
LG13	P1	4291	4334	3448	1,26
	P2	4341			
	P3	4371			
RLJ3	P1	3466	3423	3448	0,99
	P2	3363			
	P3	3439			
PAG2	P1	3423	3493	3448	1,01
	P2	3538			
	P3	3519			
PAD14	P1	3144	3169	3448	0,92
	P2	3169			
	P3	3195			

Tabla N° 4 - Valor del Peso Específico Aparente Suelto de las muestras analizadas.

Muestra	Peso del pesa filtro más la porción pasta de suelo húmedo (P1)	Peso del pesa filtro más el suelo seco (P2)	Peso del pesa filtro vacío (P4)	Humedad Porcentual (H)	Numero de golpes del casa grande hasta que cierra muesca (N)	Valor de la expresión [1,419 - 0,3 log N]	Limite Liquido del material (LL)	Limite Plástico del material (LP)	Indice de Plasticidad (IP)
LG10	38,9	33,99	16,3	27,76	15	1,066	26,03	Se considera no plástico	0
LG13	34,62	30,306	15,172	28,51	16	1,058	26,95	debido a que el material es Arena	0
RLJ3	39,371	34,237	15,879	27,97	7	1,165	24,00		0
Pag2	46,992	38,75	7,658	26,51	9	1,133	23,40		0
PAD14	35,337	28,297	9,389	37,23	13	1,085	34,32		0

Tabla N° 5 - Valores de limite Liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de las muestras analizadas.

Muestra	Peso de muestra saturada a humedad ambiente (gr)	Peso de la muestra seca en estufa (Ps)	Volumen del matraz (Vm)	Volumen total del agua contenida en el matraz (Va)	Peso específico aparente (P.E.A)	Peso específico aparente del agregado seco (P.E.A.Sec.)	Peso específico aparente del agregado saturado (P.E.A.Sat.)	Porcentaje de absorción a 24 hs (%A)
LG10	100	92	500	431,1	1,51	1,34	1,45	8,70
LG13	100	98	250	211,5	2,68	2,55	2,60	2,04
RLJ3	150	140	500	428	2,26	1,94	2,08	7,14
PAg2	100	94	500	451	2,19	1,92	2,04	6,38
PAD14	100	89	250	197,3	2,13	1,69	1,90	12,36

Tabla N° 6 - Valores determinados en laboratorio correspondientes al Peso Específico Aparente, Peso Específico Aparente del agregado seco, Peso Específico Aparente del agregado aturado y el Porcentaje de Absorción de cada material analizados.



LOMA NEGRA

INFORME TECNICO EMPRESA LOMA NEGRA
RESULTADOS DE MUESTRAS ANALIZADAS

Solicitante: SECRETARIA DE ESTADO DE MINERÍA.

Fecha de entrega de resultados: 21/05/2015

Provincia: Catamarca – San Fernando del Valle de Catamarca.

Domicilio: Sarmiento 981.

ANÁLISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE PIEDRA PÓMEZ

	MUESTRA: TF1	MUESTRA: TF2
%SiO2	54,6	55,5
%FeO	1,2	1
%CO2	4	3,8
%CaO	2,7	2,6
%MgO	0,2	0,3
%Al2O3	14,6	16
%Fe2O3	2,4	1,6
%P2O5	2,1	2,4
	MUESTRA: TF3	MUESTRA: TF4
%SiO2	60,8	54,9
%FeO	1,1	1,4
%CO2	4,2	3,9
%CaO	3,5	2,5
%MgO	0,2	0,2
%Al2O3	12,8	15
%Fe2O3	2,3	3
%P2O5	2,1	2,2



Ing. Edgardo Becker
Líder de Asesoría Técnica
LOMA NEGRA C.I.A.S.A.

Tabla N° 7 - Resultados de análisis químicos determinados por empresa Loma Negra Intercement.



LOMA NEGRA

INFORME TECNICO EMPRESA LOMA NEGRA
RESULTADOS DE MUESTRAS ANALIZADAS

Solicitante: **SECRETARIA DE ESTADO DE MINERIA**
Fecha de entrega de resultados: **08/02/2019**
Provincia: **Catamarca – San Fernando del Valle de Catamarca**
Domicilio: **Sarmiento 981**

- **Resultados de Índice de actividad puzolana de las muestras recogidas oportunamente.**

Muestra Loma Negra

CODIGO	INDICE (%)
M-GLM 3764/ M-PS 005	98
M-GLM 3764/ M-PS 006	89
M-GLM 3764/ M-PS 007	99
M-GLM 3764/ M-PS 008	99
M-GLM 3764/ M-PS 009	97

Muestra Secretaria de Estado de Minería

CODIGO	INDICE (%)
Cto. BASE	100%
N° 623 TF 0002	82%
N° 624 TF 0003	79%
N° 625 TF 0004	75,1%

*Se recibieron 9 (nueve) muestras, las cuales se caracterizó y se verificó el cumplimiento de la Norma IRAM 1868 de cada una de ellas. Los ensayos se realizaron entre el periodo 01/12/2018 y el 01/02/19.

Tabla N° 8 - Resultados del Índice Porcentaje de Actividad Puzolánica, determinados en laboratorio de Loma Negra, de las muestras enviadas obtenidos en el periodo comprendido entre 01-12-18 al 01-02-19.

Anexo II. Estimación visual de porcentajes

Patrones de estimación visual de porcentajes.

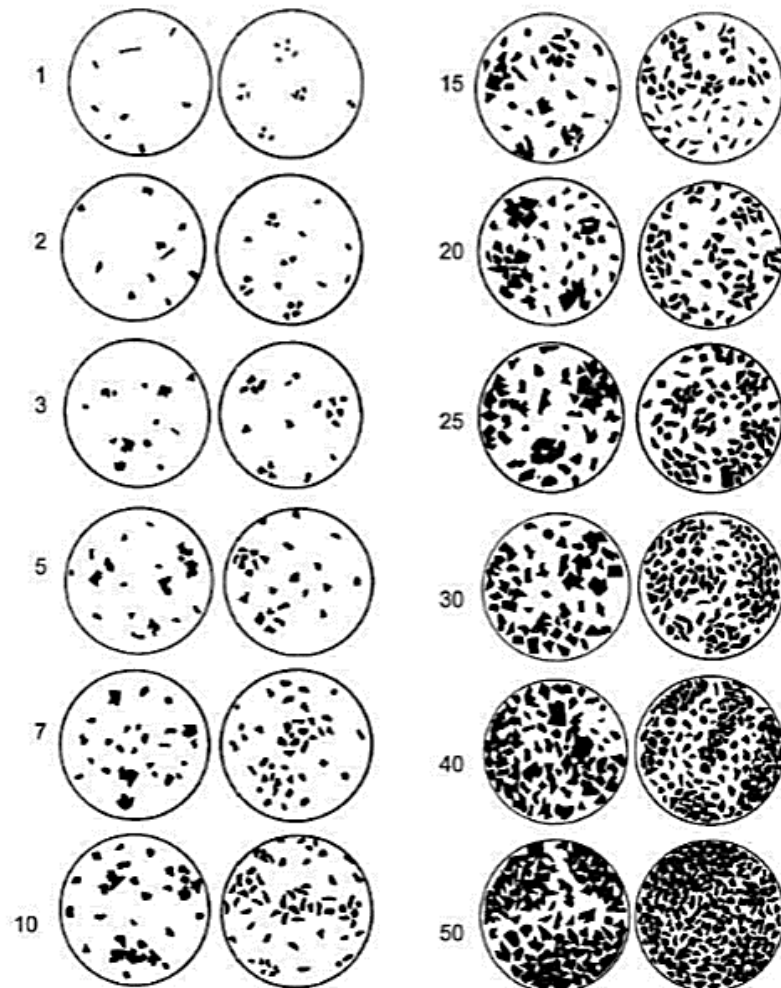


Tabla N° 9 - Planilla Patrón para estimación visual de los porcentajes en rocas con distintos grados de heterogeneidad. (Comptom, 1962)

MUESTRA LG10				
Tamiz IRAM N°	Diametro (mm)	Esfericidad	Redondez	Estimacion visual de Porcentajes
4	4,76	Fragmentos Rocosos		
8	2,38	0,5	0,1	Lapilli Fina: 50% - Fragmentos Rocosos: 49% - Magnetita: 1%
		0,5	0,1	
		0,7	0,3	
		0,5	0,3	
		0,3	0,5	
10	2,00	0,7	0,7	Lapilli Fina: 50% - Fragmentos Rocosos: 46% - Magnetita: 1% Feldespatos: 3%
		0,9	0,3	
		0,9	0,5	
		0,9	0,7	
		0,7	0,3	
		0,7	0,5	
		0,7	0,5	
16	1,19	0,7	0,7	Ceniza Muy Gruesa: 50% - Cuarzo: 20% - Fragmentos Rocosos: 15% - Magnetita: 15%
		0,9	0,5	
		0,7	0,5	
		0,7	0,9	
		0,5	0,9	
30	0,59	0,5	0,3	Ceniza Gruesa: 50% - Cuarzo + Vidrio volcanico: 30% - Magnetita: 20% - Fragmentos Rocosos: 0%
		0,9	0,5	
		0,7	0,3	
		0,7	0,5	
		0,7	0,7	
		0,5	0,7	
40	0,42	Ceniza Media: 50% - Cuarzo + Vidrio volcanico: 30% - Magnetita: 20% - Fragmentos Rocosos: 0%		
		Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 48% - Ceniza Media: 2% - Fragmentos Rocosos: 0%		
50	0,30	Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 48% - Ceniza Media: 0% - Fragmentos Rocosos: 0%		
100	0,15	Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 48% - Ceniza Media: 0% - Fragmentos Rocosos: 0%		
200	0,07	Mineralogia dificil de diferenciar		
	% Lapilli Fina			
	% C. M. Gruesa			
	% C. Gruesa			
	% C. Media			

Tabla N° 10 - Valores de esfericidad, Redondez y Porcentajes determinados de manera visual del depósito Barjón N°1.

MUESTRA LG13				
Tamiz IRAM N°	Diametro (mm)	Esfericidad	Redondez	Estimacion visual de Porcentajes
4	4,76	Fragmentos Rocosos		
8	2,38	0,7	0,3	Lapilli Fina: 50% - Fragmentos Rocosos: 49% - Magnetita: 1%
		0,7	0,3	
		0,5	0,7	
		0,5	0,7	
		0,7	0,9	
10	2,00	0,5	0,5	Lapilli Fina: 50% - Fragmentos Rocosos: 25% - Feldespatos: 20% - Magnetita: 3% - Cuarzo: 2%
		0,5	0,7	
		0,5	0,5	
		0,5	0,3	
		0,7	0,9	
		0,9	0,3	
16	1,19	0,5	0,3	Ceniza Muy Gruesa: 50% - Fragmentos Rocosos: 20% - Magnetita: 15% - Cuarzo: 15%
		0,7	0,3	
		0,9	0,9	
		0,5	0,7	
		0,9	0,7	
30	0,59	0,9	0,7	Ceniza Gruesa: 50% - Cuarzo + Vidrio volcanico: 40% - Magnetita: 10% - Fragmentos Rocosos: 0%
		0,7	0,7	
		0,5	0,7	
		0,5	0,7	
		0,7	0,7	
40	0,42	Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 30% - Ceniza Media: 20% - Fragmentos Rocosos: 0%		
50	0,30	Ceniza Media: 50% - Cuarzo + Vidrio volcanico: 30% - Magnetita: 20% - Fragmentos Rocosos: 0%		
100	0,15	Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 50% - Ceniza Media: 0% - Fragmentos Rocosos: 0%		
200	0,07	Mineralogia dificil de diferenciar		
	% Lapilli Fina			
	% C. M. Gruesa			
	% C. Gruesa			
	% C. Media			

Tabla N° 11 - Valores de esfericidad, Redondez y Porcentajes determinados de manera visual del depósito Barjón N°4.

MUESTRA RLJ3				
Tamiz IRAM N°	Diametro (mm)	Esfericidad	Redondez	Estimacion visual de Porcentajes
4	4,76	Fragmentos Rocosos		
8	2,38	0,7	0,9	Lapilli Fina: 50% - Fragmentos Rocosos: 25% - Feldespatos: 25%
		0,5	0,1	
		0,5	0,3	
		0,5	0,5	
		0,5	0,9	
		0,5	0,9	
		0,9	0,9	
10	2,00	0,7	0,9	Lapilli Fina: 50% - Feldespatos: 30% - Fragmentos Rocosos: 10%
		0,7	0,9	
		0,7	0,9	
		0,7	0,9	
		0,5	0,3	
		0,5	0,3	
		0,5	0,5	
16	1,19	0,9	0,5	Ceniza Muy Gruesa: 50% - Qcuarzo: 30% - Magnetita: 20% - Fragmentos Rocosos: 10%
		0,9	0,7	
		0,9	0,7	
		0,7	0,3	
		0,7	0,9	
		0,5	0,9	
		0,3	0,9	
30	0,59	0,9	0,5	Cuarzo + Vidrio volcanico: 40% - Ceniza Gruesa: 30% - Magnetita: 5% - Fragmentos Rocosos: 3%
		0,9	0,9	
		0,9	0,9	
		0,5	0,9	
		0,5	0,9	
40	0,42	Ceniza Media: 50% - Qz + Vidrio volcanico: 30% - Magnetita: 20% - Fragmentos Rocosos: 0%		
		Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 40% - Feldespatos: 10% - Ceniza Media: 0% - Fragmentos Rocosos: 0%		
50	0,30	Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 50% - Ceniza Media: 0% - Fragmentos Rocosos: 0%		
100	0,15	Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 50% - Ceniza Media: 0% - Fragmentos Rocosos: 0%		
200	0,07	Mineralogia dificil de diferenciar		
	% Lapilli Fina			
	% C. M. Gruesa			
	% C. Gruesa			
	% C. Media			

Tabla N° 12 - Valores de esfericidad, Redondez y Porcentajes determinados de manera visual del depósito RLJ-002.

MUESTRA PAG14				
Tamiz IRAM N°	Diametro (mm)	Esfericidad	Redondez	Estimacion visual de Porcentajes
4	4,76	Fragmentos Rocosos		
8	2,38	0,9	0,7	Fragmentos Rocosos: 58% - Lapilli Fina: 30% - Feldespatos: 7% - Cuarzo: 5%
		0,9	0,9	
		0,7	0,7	
		0,7	0,9	
		0,7	0,9	
		0,7	0,9	
		0,5	0,7	
10	2,00	0,9	0,7	Lapilli Fina: 50% - Fragmentos Rocosos: 45% - Cuarzo: 5%
		0,9	0,7	
		0,9	0,9	
		0,7	0,3	
		0,5	0,9	
		0,5	0,7	
		0,3	0,9	
16	1,19	0,9	0,7	Ceniza Muy Gruesa: 50% - Cuarzo: 42% - Magnetita: 5% - Fragmentos Rocosos: 3%
		0,9	0,9	
		0,7	0,3	
		0,5	0,3	
		0,5	0,5	
		0,5	0,7	
		0,3	0,5	
30	0,59	0,9	0,9	Ceniza Gruesa: 50% - Cuarzo + Vidrio volcanico: 40% - Magnetita: 10% - Fragmentos Rocosos: 0%
		0,7	0,9	
		0,7	0,9	
		0,5	0,5	
		0,5	0,7	
40	0,42	Qz + Vidrio volcanico: 50% - Ceniza Media: 45% - Magnetita: 10% - Fragmentos Rocosos: 0%		
		Qz + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 35% - Ceniza Media: 15% - Fragmentos Rocosos: 0%		
50	0,30	Qz + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 50% - Ceniza Media: 0% - Fragmentos Rocosos: 0%		
100	0,15	Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 50% - Ceniza Media: 0% - Fragmentos Rocosos: 0%		
200	0,07	Mineralogia dificil de diferenciar		
	% Lapilli Fina			
	% C. M. Gruesa			
	% C. Gruesa			
	% C. Media			

Tabla N° 13 - Valores de esfericidad, Redondez y Porcentajes determinados de manera visual del depósito P.A.N. N°4.

MUESTRA PAD2				
Tamiz IRAM N°	Diametro (mm)	Esfericidad	Redondez	Estimacion visual de Porcentajes
4	4,76	Fragmentos Rocosos		
8	2,38	0,9	0,5	Fragmentos Rocosos: 45% - Lapilli Fina: 40% - Cuarzo: 3% - Feldespatos: 2%
		0,7	0,3	
		0,5	0,3	
		0,5	0,5	
		0,5	0,5	
		0,5	0,7	
		0,3	0,5	
		0,3	0,5	
10	2,00	0,7	0,3	Lapilli Fina: 50% - Fragmentos Rocosos: 10% - Cuarzo: 2% - Feldespatos: 1%
		0,7	0,7	
		0,7	0,9	
		0,5	0,3	
		0,5	0,5	
		0,5	0,5	
		0,5	0,7	
		0,5	0,9	
16	1,19	0,3	0,3	Ceniza Muy Gruesa: 50% - Fragmentos Rocosos: 20% - Cuarzo: 15% - Magnetita: 15%
		0,7	0,7	
		0,9	0,9	
		0,3	0,3	
		0,7	0,3	
		0,7	0,5	
		0,7	0,7	
		0,3	0,5	
30	0,59	0,9	0,7	Ceniza Gruesa: 50% - Cuarzo + Vidrio volcanico: 40% - Magnetita: 10% - Fragmentos Rocosos: 0%
		0,9	0,7	
		0,9	0,9	
		0,5	0,5	
		0,5	0,5	
		0,5	0,7	
40	0,42	Qz + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 30% - Ceniza Media: 25% - Fragmentos Rocosos: 0%		
50	0,30	Qz + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 35% - Ceniza Media: 15% - Fragmentos Rocosos: 0%		
100	0,15	Cuarzo + Vidrio volcanico: 50% - Magnetita: 50% - Ceniza Media: 0% - Fragmentos Rocosos: 0%		
200	0,07	Mineralogia dificil de diferenciar		
	% Lapilli Fina			
	% C. M. Gruesa			
	% C. Gruesa			
	% C. Media			

Tabla N° 14 - Valores de esfericidad, Redondez y Porcentajes determinados de manera visual, del depósito P.A.S. N°1.

COMPOSICIÓN		VALORES LÍMITES	VALORES MEDIOS
Óxido de Silicio	SiO ₂	42 – 85	65
Óxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	5 – 20	12.5
Óxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	1 – 14	5
Óxido de Calcio	CaO	0 – 12	3.5
Óxido de Potasio	K ₂ O	0 – 5	2
Óxido de Sodio	Na ₂ O	0 – 5	2
Óxido de Magnesio	MgO	0 – 11	1.5
Trióxido de Azufre	SO ₃	0 – 1	0.5
Pérdida por calcinación	P. C.	0 – 15	6

Tabla N° 15 - Valores de la composición química límite y media de puzolanas de origen volcánico que pueden variar en función la reactividad pretendida. (Mella Stappung, 2004)

	Puzolanas naturales	Cenizas volantes
Dióxido de silicio (SiO ₂) + óxido de aluminio (Al ₂ O ₃), mínimo	70 %	70 %
Oxido de magnesio (MgO), máximo	5 %	5 %
Oxido de sodio + potásico, expresados como óxido sódico (Na ₂ O), máximo	1.5 %	1.5 %
Trióxido de azufre (SO ₃), máximo	3 %	4 %
Pérdida de calcinación sobre muestra seca, máximo	10 %	8 %
Actividad puzolánica, resistencia a compresión del mortero cemento portland - puzolana a siete días, en comparación con una de cemento portland, mínimo	75 %	75 %

Tabla N° 16 - Porcentajes químicos de puzolanas y cenizas. (Detwiler, Bhattacharja, & Bhatt, 1996)

PRIMEROS BLOQUES DE HORMIGÓN - LAB. GUIDO MOGUETA									
Cantera (Muestra)	Pastón	Lectura (Div.)	Carga (Tn)	Resistencia			DOCIFICACIÓN AF-C	Agua (litros)	Método
				Total (Kg/cm ²)	Efectiva (Kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)			
CLG1	paston 1	1	0,3	1,0	1	2	80,71 % - 19,29 %	1,3	Metodo Manual: usando 6 golpes del molde contra el suelo para compactación.
		3	1	3,2	3				
		1	0,3	1,0	1				
CLG1/CLG15	paston 2	1	0,3	1,0	1	1	77,35 % - 22,65 %	1,5	
		1	0,3	1,0	1				
		1	0,3	1,0	1				
CLG18	paston 3	1,5	0,5	1,6	2	1	16,68 % - 83,32 %	1,5	
		1	0,3	1,0	1				
		1	0,3	1,0	1				
Pad2/PAb3	paston 4	1,5	0,5	1,6	2	1	79,05 % - 20,95 %	1	
		1	0,3	1,0	1				
		1	0,3	1,0	1				
LJC1	paston 5	1	0,3	1,0	1	1	80,01 % - 19,99 %	0,9	
		1	0,3	1,0	1				
		1	0,3	1,0	1				

Tabla N° 18 - Valores de Carga (Tn) y Resistencia total - efectiva de los Bloque de hormigón realizado en laboratorio de cantera Guido Mogueta, determinados en laboratorio de Vialidad de la Provincia.

Finura: superficie específica, en cm ² / g,	6.500
Material retenido sobre el tamiz # 325,	20 %
Humedad: contenido de agua, máximo	3 %
Regularidad: cada uno de los resultados individuales de los ensayos efectuados con muestras de puzolana, en número no inferior a diez, diferirán de la media aritmética de aquellos, en menos de los porcentajes siguientes:	
Para la superficie específica	15 %
Peso específico	5 %
Homogeneidad: el material puzolánico deberá quedar homogéneamente distribuido en toda la masa de concreto o mortero durante el amasado de este.	

Tabla N° 17 - Condiciones físicas de las puzolanas artificiales y naturales. (Detwiler, Bhattacharja, & Bhattya, 1996)

SEGUNDOS BLOQUES DE HORMIGÓN- SINDICATO DE EMPLEADOS VIALES DE CATAMARCA												
Cantera (Muestra)	Ref.	Pastón	Lectura (Div.)	Factor de aro (17,86 kg)	Carga (Tn)	Resistencia			DOCIFICACIÓN		Cantidad de agua (ml)	Método
						Total (Kg/cm2)	Efectiva (Kg/cm2)	Promedio (kg/cm2)	% Cemento	% Granulado Pomez		
LG9/LG10	○	pastón 15%	61	1089,5	1,09	1,82	3,89	3	15	85	2250	Método semiautomático. Máquina Bloquera Ponedora con motor eléctrico
			39	696,5	0,70	1,18	2,52					
			54	964,4	0,96	1,63	3,56					
			28	500,1	0,50	0,84	1,81					
	●	pastón 20%	108	1928,9	1,93	3,21	6,65	7	20	80	3000	
			113	2018,2	2,02	3,39	7,11					
			132	2357,5	2,36	3,93	8,30					
LG12/LG13	△	pastón 15%	63	1125,2	1,13	1,85	3,96	4	15	85	2250	
			70	1250,2	1,25	2,08	4,43					
			82	1464,5	1,46	2,44	5,06					
	▲	pastón 20%	100	1786,0	1,79	2,83	5,72	8	20	80	3000	
			129	2303,9	2,30	3,84	8,06					
			90	1607,4	1,61	2,69	8,88					
RLJ3/RLJ4	X	pastón 15%	46	821,6	0,82	1,37	2,97	2	15	85	2250	
			39	696,5	0,70	1,16	2,44					
			32	571,5	0,57	0,95	2,03					
			30	535,8	0,54	0,89	1,91					
	⊗	pastón 20%	64	1143,0	1,14	1,95	4,13	3	20	80	3000	
			37	660,8	0,66	1,13	2,47					
			50	893,0	0,89	1,54	3,42					
56			1000,2	1,00	1,71	3,70						
PAG2 (Sur)	□	pastón 15%	50	893,0	0,89	1,50	3,02	2	15	85	2250	
			32	571,5	0,57	0,95	2,02					
			45	803,7	0,80	1,34	2,84					
			30	535,8	0,54	0,89	1,90					
	■	pastón 20%	66	1178,8	1,18	1,96	4,09	3	20	80	3000	
			52	928,7	0,93	1,56	3,32					
			39	696,5	0,70	1,16	2,45					
			59	1053,7	1,05	1,71	3,55					
PAG14 (Norte)	□	pastón 15%	28	500,1	0,50	0,83	1,80	2	15	85	1500	
			31	553,7	0,55	0,93	1,95					
			29	517,9	0,52	0,87	1,78					
	■	pastón 20%	20	357,2	0,36	0,60	1,26	2	20	80	1000	
			26	464,4	0,46	0,77	1,63					
			33	589,4	0,59	0,98	2,10					

Tabla N° 19 - Valores de Carga (toneladas) y determinación de la resistencia total y efectiva de cada bloque de hormigón realizado en la Bloquera del Sindicato de viales de Catamarca.

CUBICACION DE LA RESERVA												
BARJÁN N° 1												
CAVA (Mat. Extraído)	RESERVA											
	Forma: Triángulo			Longitud de los lados (m)			Superficie S (m ²)			Superficie menos cada lado (m)		Área Promedio (d) (m ²)
	a	b	c	S-a	S-b	S-c	S-a	S-b	S-c			
	1 (ABI)	7,00	7,00	8,00	11,00	4,00	4,00	3,00	3,00	22,98	2	32,67
	2 (BHI)	22,20	8,00	24,00	27,10	4,90	19,10	3,10	3,10	88,67	2	118,40
	3 (HBC)	24,90	9,43	27,50	30,92	6,02	21,49	3,42	3,42	116,81	1	78,27
	4 (CHD)	22,00	9,00	25,00	28,00	6,00	19,00	3,00	3,00	97,86	2	132,00
	5 (DGH)	18,80	13,20	22,00	27,00	8,20	13,80	5,00	5,00	123,60	5	413,60
	6 (DEG)	23,00	18,80	25,00	33,40	10,40	14,60	8,40	8,40	206,40	5	720,67
	7 (EFG)	20,20	23,00	27,40	35,30	15,10	12,30	7,90	7,90	227,58	6	929,20
	8 (DEJ)	23,00	18,70	25,00	33,35	10,35	14,65	8,35	8,35	205,49	3	430,10
	9 (IJE)	18,70	15,50	20,40	27,30	10,50	11,80	6,90	6,90	152,77	3	289,85
	10 (KEL)	16,80	9,59	20,40	23,40	7,90	13,81	3,00	3,00	87,39	1	53,70
	11 (ELF)	21,30	9,59	20,20	25,55	4,25	15,96	5,35	5,35	96,16	1	68,09
	Volumen Total de material de Reserva (m ³)											
	12 (GFNM)	18,60	20,00	27,40	33,00	14,40	13,00	5,60	5,60	186,00	1	124,00
	13 (GMH)	13,20	20,00	26,20	29,70	16,50	9,70	3,50	3,50	128,99	1	88,00
	14 (HNM)	22,20	14,80	26,20	31,60	9,40	16,80	5,40	5,40	164,16	3	328,56
	Volumen Total de material extraído (m ³)											
	551,37											
	Tn = V * 6 (δ = 1,02) Anexo: Tabla N°4											
	3331,88											

Tabla N° 20 - Datos de cubicación de Reservas, deposito Barján N°1.

DETERMINACIÓN DEL RECURSO											
BARJÁN N° 2	Forma: Trapecio	Base (m)			(B1 + B2)/2 (m)	Altura (m)	Área (m ²)				
		1	2								
	1 (ABCD)	29,40		17,30	23,35	15,00	350,25				
	Área total del terreno (m2)						350,25				
BARJÁN N° 4	Forma: Trapecio	Base (m)			(B1 + B2)/2 (m)	Altura (m)	Área (m ²)				
		1	2								
	1 (ABPQ)	24,00		38,80	31,40	12,90	405,06				
	2 (BCOP)	36,20		39,60	37,90	28,90	1095,31				
	3 (CDNO)	25,40		30,60	28,00	23,00	644,00				
	4 (DEMN)	30,60		43,20	36,90	31,30	1154,97				
	6 (FGLM)	19,50		37,30	28,40	27,50	781,00				
	7 (GHKL)	40,90		10,30	25,60	20,10	514,56				
	8 (HIJK)	13,60		8,80	11,20	11,30	126,56				
		Total						4721,46			
Forma: Triángulo	Longitud de los lados (m)			Superficie S (m ²)	Superficie menos cada lado (m)			Área (m ²)			
	a	b	c		S-a	S-b	S-c				
5 (EFM)	29,10	19,50	43,20	45,90	16,80	26,40	2,70	234,45			
	Total						234,45				
	Área total del terreno (m2)						4955,91				
RLJ2	Forma: Trapecio	Base (m)			(B1 + B2)/2 (m)	Altura (m)	Área (m ²)				
		1	2								
	1 (ABCJ)	11,40		27,20	19,30	21,30	411,09				
	2 (CDIJ)	27,20		41,30	34,25	22,00	753,50				
	3 (DEHI)	41,30		36,70	39,00	29,00	1166,10				
4 (EFGH)	36,70		8,49	22,60	25,40	573,91					
	Área total del terreno (m2)						2904,60				
L.A.N.N° 1	Forma: Trapecio	Base (m)			(B1 + B2)/2 (m)	Altura (m)	Área (m ²)				
		1	2								
	1 (ABCJ)	36,30		41,70	39,00	18,00	702,00				
2 (CDIJ)	9,90		20,30	15,10	19,00	286,90					
	Área total del terreno (m2)						988,90				
L.A.N.N° 2	Forma: Trapecio	Base (m)			(B1 + B2)/2 (m)	Altura (m)	Área (m ²)				
		1	2								
	1 (ABPQ)	12,20		25,70	18,95	19,50	369,53				
	2 (BCOP)	16,60		27,80	22,20	22,00	488,40				
	3 (CDNO)	25,50		21,80	23,65	26,50	626,73				
	5 (DEMN)	19,60		26,80	23,20	19,90	461,68				
	6 (EFML)	19,30		22,20	20,75	22,40	464,80				
	7 (FGKL)	13,00		31,10	22,05	22,00	493,92				
	8 (GHJK)	58,00		14,20	36,10	24,20	794,20				
		Total						3699,25			
Forma: Triángulo	Longitud de los lados (m)			Superficie S (m ²)	Superficie menos cada lado (m)			Área (m ²)			
	a	b	c		S-a	S-b	S-c				
4 (DNN)	19,00	20,60	19,50	29,55	10,55	8,95	10,05	167,46			
9 (HIJ)	29,90	23,50	42,20	47,80	17,90	24,30	5,60	341,22			
	Total						508,68				
	Área total del terreno (m2)						4207,93				
L.A.N.S.V° 1	Forma: Trapecio	Base (m)			(B1 + B2)/2 (m)	Altura (m)	Área (m ²)				
		1	2								
	1 (ABPQ)	17,10		33,00	25,05	16,80	420,84				
	2 (BCOP)	28,70		39,70	34,20	14,60	499,32				
		Total						920,16			
	Forma: Triángulo	Longitud de los lados (m)			Superficie S (m ²)	Superficie menos cada lado (m)			Área (m ²)		
		a	b	c		S-a	S-b	S-c			
	4 (DNN)	22,30	22,70	33,00	39,00	16,70	16,30	6,00	252,38		
		Total						252,38			
		Área total del terreno (m2)						1172,54			

Tabla N° 21 - Datos de los Recursos presentes en el área de estudio.

ANEXO MAPAS