



ANEXO 3.
CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN
(EN CD)

Estudios Geotécnicos y Ambientales

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co

PINZUAR

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

NA-31159-003 R0

Page / Pág. 1 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	HERRAMIENTA DE PRESIÓN (FUERZA)
Fabricante <i>Manufacturer</i>	NO PRESENTA
Modelo <i>Model</i>	No Presenta
Número de Serie <i>Serial Number</i>	0150
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No Presenta
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	4,5 kgf/cm ²
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS GEOTECNIA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 - 12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 05 - 29
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 06 - 04

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

03

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Jaiver López Poveda
Métrólogo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 16 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co

PINZUAR

LABORATORIO DE METROLOGÍA

NA-31159-003 R0

Page / Pág. 2 de 3

DATOS TÉCNICOS**Máquina de Ensayo Bajo Calibración**

Dirección de Carga Compresión
Tipo de Indicación Analógica
División de Escala 0,1 kgf
Resolución 0,05 kgf
Intervalo de Medición Del 8 % al 75 % de la
Calibrado carga máxima.

Instrumento(s) de Referencia

Instrumento Transductor de Fuerza de 5 kN
Modelo U2B
Número de Serie N76720
Certificado de
Calibración 6923 del INM

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Se realiza una inspección general al instrumento bajo calibración IBC, en donde visualmente se verifica su estructura, se llevan a cabo (3) tres precargas para verificar el adecuado funcionamiento del equipo, se realizan (5) cinco mediciones al diámetro del pistón para determinar el área de contacto y se procede finalmente a la toma de las lecturas de medición de fuerza durante (3) series ascendentes.

Con la medición de Fuerza en Newton (N) y el área en metros (m²) al cuadrado se determina la presión que realiza el instrumento.

Tabla 1.

Datos de la dimensión del Pistón

Descripción	Indicaciones Registradas del IBC					Promedio	Desviación
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅		
Díámetro (mm)	6,37	6,33	6,34	6,35	6,35	6,346	0,01
Área (m²)	3,18E-05	3,14E-05	3,16E-05	3,17E-05	3,17E-05	3,163E-05	1,47E-07

Tabla 2.

Datos de calibración en kgf

Valor Nominal IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Bajo Calibración para Cada Serie					
		S ₁	S ₂	S ₃	Promedio	Error	Incertidumbre
No.	kgf/cm ²	Ascendente kgf/cm ²	Ascendente kgf/cm ²	Ascendente kgf/cm ²	S _{1, 2 y 3} kgf/cm ²	kgf/cm ²	%
1	0,500 0	4,722 0	4,577 5	4,850 4	4,716 6	-4,22	0,24
2	1,000 0	9,811 4	9,723 1	9,683 0	9,739 2	-8,74	0,16
3	1,500 0	13,520 1	13,472 0	13,833 2	13,608 4	-12,11	0,35
4	2,000 0	20,359 5	19,829 7	19,893 9	20,027 7	-18,03	0,52
5	2,500 0	24,710 4	24,582 0	24,694 3	24,662 2	-22,16	0,16
6	3,000 0	31,694 2	31,325 0	31,565 8	31,528 3	-28,53	0,34
7	3,500 0	34,632 2	34,423 5	34,760 7	34,605 5	-31,11	0,30
8	4,000 0	41,784 5	41,343 0	41,856 8	41,661 5	-37,66	0,50
9	4,500 0	48,928 8	48,768 3	48,952 9	48,883 3	-44,38	0,19

CONDICIONES AMBIENTALES

La Calibración fue ejecutada en el laboratorio de Metrología de Pinzuar en su laboratorio de fuerza ubicado en la ciudad de Bogotá D.C. - Colombia. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 20,6 °C
Humedad Relativa Máxima: 57 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 21,0 °C
Humedad Relativa Mínima: 55 % HR

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

277/2

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co

PINZUAR

LABORATORIO DE METROLOGÍA

NA-31159-003 R0

Page / Pág. 3 de 3

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (Tabla No.2), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k = 2$ y la probabilidad de cobertura, la cual es del 95,45%, con una distribución "t-student". La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement, First Edition, September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, FALSO debe calibrarse si se somete a ajustes o reparaciones importantes.
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. NA-31159-003

Fin del Certificado

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 16 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel. 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas****M-31071-005 R0**

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS
Modelo <i>Model</i>	PX2202/E
Número de Serie <i>Serial Number</i>	C0008040229
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta
Carga Máxima <i>Maximum load</i>	2200 g
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 -12.
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba.
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 02 - 16
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 03 - 01

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Tecg. Francisco Durán Romero
Metrólogo Laboratorio de Metrología

Tecg. Jaiver Arnulfo López
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-24-F-01 R 8.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ONAC
AUTENTICADO**M-31071-005 R0**

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado	Comparación Directa
Número de Serie	C0008040229
Identificación Interna	No presenta
Resolución	0,01 g
Intervalo Calibrado	0,2 g a 2200 g
Documento de Referencia	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/cg-01/V.00 Año 2009

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

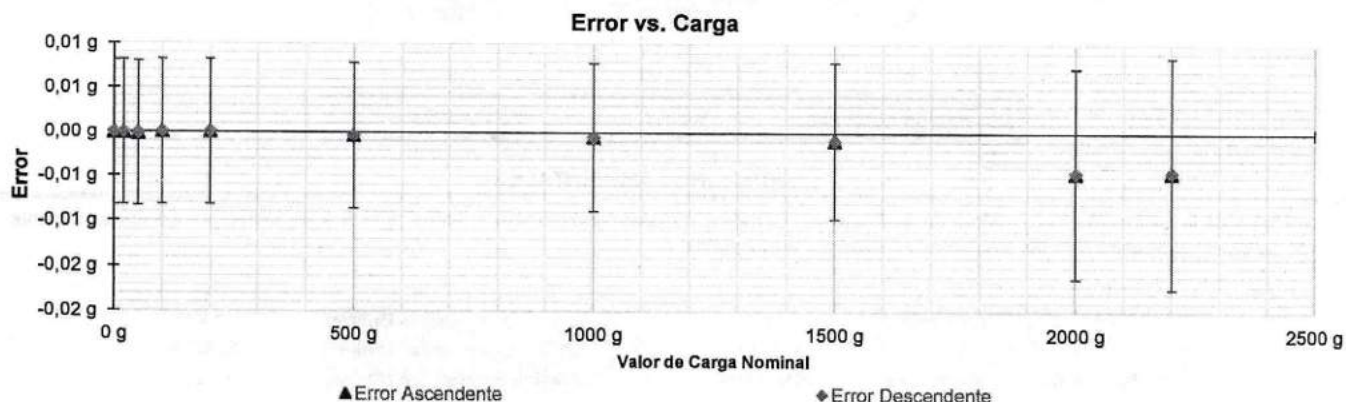
Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.

Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	k ¹ , p=95,45%
0,200 0	0,20	0,20	0,000 0	0,000 0	0,008 2	2,01
20,000 0	20,00	20,00	0,000 0	0,000 0	0,008 2	2,01
50,000 1	50,00	50,00	- 0,000 1	- 0,000 1	0,008 2	2,01
99,999 9	100,00	100,00	0,000 1	0,000 1	0,008 2	2,01
199,999 9	200,00	200,00	0,000 1	0,000 1	0,008 2	2,01
500,000 4	500,00	500,00	- 0,000 4	- 0,000 4	0,008 2	2,01
1 000,000 5	1 000,00	1 000,00	- 0,000 5	- 0,000 5	0,008 4	2,01
1 500,000 9	1 500,00	1 500,00	- 0,000 9	- 0,000 9	0,008 9	2,01
2 000,005	2 000,00	2 000,00	- 0,005	- 0,005	0,012	2,00
2 200,004	2 200,00	2 200,00	- 0,004	- 0,004	0,013	2,00

**Figura 1.** Gráfica para el ensayo de error de indicación.¹ Factor de cobertura

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 750 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
—	g	g
1	750,00	—
2	750,00	0,00
3	750,00	0,00
4	750,00	0,00
5	750,00	0,00
Diferencia máxima respecto al centro		0,00

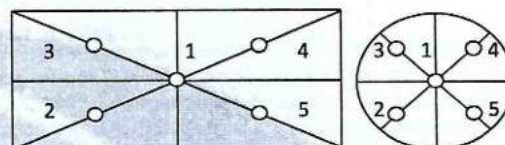


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Valor Nominal de las Cargas		
Cantidad de Repeticiones	1100 g	2200 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	1100,00	2200,00
2	1100,00	2200,00
3	1100,00	2200,00
4	1100,00	2200,00
5	1100,00	2200,00
6	1100,00	2200,00
7	1100,00	2200,00
8	1100,00	2200,00
9	1100,00	2200,00
10	1100,00	2200,00
Desviación Estándar	0,000 0 g	0,000 0 g

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue Laboratorio de Ensayos., CONSULTORÍAS GEOTECNIA Y AMBIENTE S.A.S.; Montería - Córdoba.. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	22,3 °C	Temperatura Mínima:	21,9 °C
Humedad Máxima:	55 % HR	Humedad Mínima:	53 % HR
Presión Barométrica Máxima:	1010,2 hPa	Presión Barométrica Mínima:	1009,9 hPa

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



ONAC
ACREDITADO

M-31071-005 R0

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement, First Edition, September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_R .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = -1,64 \text{ E-}06 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,67 \text{ E-}05 + 9,90 \text{ E-}12 \cdot R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95% y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) reportados(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	Pinzuar	M-30123-002 PINZUAR CAP-1084-23 WR Laboratorios	2023-10-02
Láminas clase F1	Pinzuar	CAP-164-23 WR Laboratorios	2023-02-21

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-31071-005**

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 R8.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co

PINZUAR

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

NA-31159-004 R0

Page / Pág. 1 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	HERRAMIENTA DE PRESIÓN (FUERZA)
Fabricante <i>Manufacturer</i>	NO PRESENTA
Modelo <i>Model</i>	No Presenta
Número de Serie <i>Serial Number</i>	0064
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No Presenta
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	4,5 kgf/cm ²
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS GEOTECNIA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 - 12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 05 - 29
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 06 - 04

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached

03

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado*Signatures Authorizing the Certificate*

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Jaiver López Poveda
Metrologo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co

PINZUAR

LABORATORIO DE METROLOGÍA

NA-31159-004 R0

Page / Pág. 2 de 3

DATOS TÉCNICOS**Máquina de Ensayo Bajo Calibración**

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Analógica
División de Escala	0,1 kgf
Resolución	0,05 kgf
Intervalo de Medición	Del 8 % al 75 % de la
Calibrado	carga máxima.

Instrumento(s) de Referencia

Instrumento	Transductor de Fuerza de 5 kN
Modelo	U2B
Número de Serie	N76720
Certificado de Calibración	6923 del INM

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Se realiza una inspección general al instrumento bajo calibración IBC, en donde visualmente se verifica su estructura, se llevan a cabo (3) tres precargas para verificar el adecuado funcionamiento del equipo, se realizan (5) cinco mediciones al diámetro del pistón para determinar el área de contacto y se procede finalmente a la toma de las lecturas de medición de fuerza durante (3) series ascendentes.

Con la medición de Fuerza en Newton (N) y el área en metros (m²) al cuadrado se determina la presión que realiza el instrumento.

Tabla 1.

Datos de la dimensión del Pistón

Descripción	Indicaciones Registradas del IBC					Promedio	Desviación
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅		
Diámetro (mm)	6,36	6,32	6,33	6,34	6,34	6,338	0,01
Área (m²)	3,18E-05	3,14E-05	3,14E-05	3,16E-05	3,16E-05	3,155E-05	1,48E-07

Tabla 2.

Datos de calibración en kgf

Valor Nominal IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Bajo Calibración para Cada Serie					
		S ₁	S ₂	S ₃	Promedio	Error	Incertidumbre
No.	kgf/cm ²	Ascendente kgf/cm ²	Ascendente kgf/cm ²	Ascendente kgf/cm ²	S _{1, 2 y 3} kgf/cm ²	kgf/cm ²	%
1	0,500 0	3,961 8	3,784 7	3,841 0	3,862 5	-3,36	0,18
2	1,000 0	9,032 5	8,943 9	8,943 9	8,973 5	-7,97	0,15
3	1,500 0	13,306 3	12,702 7	12,799 3	12,936 1	-11,44	0,66
4	2,000 0	19,697 0	19,777 5	19,801 6	19,758 7	-17,76	0,15
5	2,500 0	24,397 4	24,276 6	24,300 8	24,324 9	-21,82	0,16
6	3,000 0	30,707 5	30,602 8	30,651 1	30,653 8	-27,65	0,15
7	3,500 0	33,878 6	33,709 6	33,838 3	33,808 8	-30,31	0,18
8	4,000 0	40,969 3	41,452 2	41,025 7	41,149 1	-37,15	0,48
9	4,500 0	48,736 1	48,092 2	48,196 8	48,341 7	-43,84	0,70

CONDICIONES AMBIENTALES

La Calibración fue ejecutada en el laboratorio de Metrología de Pinzuar en su laboratorio de fuerza ubicado en la ciudad de Bogotá D.C. - Colombia. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 20,7 °C
 Humedad Relativa Máxima: 57 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 20,9 °C
 Humedad Relativa Mínima: 57 % HR



INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (Tabla No.2), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k = 2$ y la probabilidad de cobertura, la cual es del 95,45%, con una distribución "t-student". La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, FALSO debe calibrarse si se somete a ajustes o reparaciones importantes.
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. NA-31159-004

Fin del Certificado

281 | 2

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel. 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-31071-002 R0

Page / Pág. 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN
Fabricante / Año <i>Manufacturer / Year</i>	PINZUAR (2022)
Modelo <i>Model</i>	PS-107-C
Número de Serie <i>Serial Number</i>	141 // G03AC21143
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	LS-001
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	2500 N
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS, GEOTECNIA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 - 12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 02 - 15
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 03 - 01

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Tecg. Jaiver López Poveda
Métrologo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

BOGOTÁ, COLOMBIA 2017
11 JUN 2017

F-31071-002 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,1 N
Apreciación	0,1 N
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	20 N
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio S _{1,2 y 3}	Errores Relativos	
		S ₁ Ascendente	S ₂ Ascendente	S ₃ Ascendente		Indicación q	Repetibilidad b
≈ %	N	N	N	N	N	%	%
20,0	500,0	559,665	561,014	561,039	560,572 8	-10,81	0,219
100,0	2 500,0	2 778,64	2 772,40	2 775,29	2 775,445	-9,92	0,203

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio S _{1,2 y 3}
		S ₁ Ascendente	S ₂ Ascendente	S _{2'} No Aplica	S ₃ Ascendente	S ₄ No Aplica	
≈ %	N	N	N	---	N	---	N
20,0	500,0	499,958	502,556	---	502,556	---	501,690 2
30,0	750,0	751,852	752,601	---	752,601	---	752,351 6
40,0	1000,0	1 000,47	1 001,67	---	1 001,67	---	1 001,273
50,0	1 250,0	1 249,00	1 249,57	---	1 249,57	---	1 249,380
60,0	1 500,0	1 493,82	1 498,87	---	1 498,87	---	1 497,055
70,0	1 750,0	1 741,43	1 750,89	---	1 750,89	---	1 747,737
80,0	2 000,0	1 996,50	2 000,97	---	2 000,97	---	1 999,479
90,0	2 250,0	2 250,70	2 253,30	---	2 253,30	---	2 252,430
100,0	2 500,0	2 502,33	2 498,26	---	2 498,26	---	2 499,613

Tabla 3.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,31}$ %	$f_{0,32}$ %	$f_{0,32'}$ %	$f_{0,33}$ %	$f_{0,34}$ %
0,006	0,002	---	0,002	---

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

F-31071-002 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$K_{p=95\%}$
$\pm \%$	N	Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %	a %	N	U %	—
20,0	500,0	-0,34	0,517	—	0,020	1,7	0,35	2,01
30,0	750,0	-0,31	0,099	—	0,013	0,92	0,12	2,17
40,0	1000,0	-0,13	0,120	—	0,010	1,3	0,13	2,52
50,0	1 250,0	0,050	0,046	—	0,008	1,1	0,089	2,08
60,0	1 500,0	0,20	0,325	—	0,007	3,3	0,22	2,01
70,0	1 750,0	0,13	0,543	—	0,006	6,4	0,37	2,01
80,0	2 000,0	0,03	0,224	—	0,005	3,1	0,16	2,01
90,0	2 250,0	-0,108	0,115	—	0,004	2,1	0,092	2,01
100,0	2 500,0	0,02	0,163	—	0,004	3,0	0,12	2,01

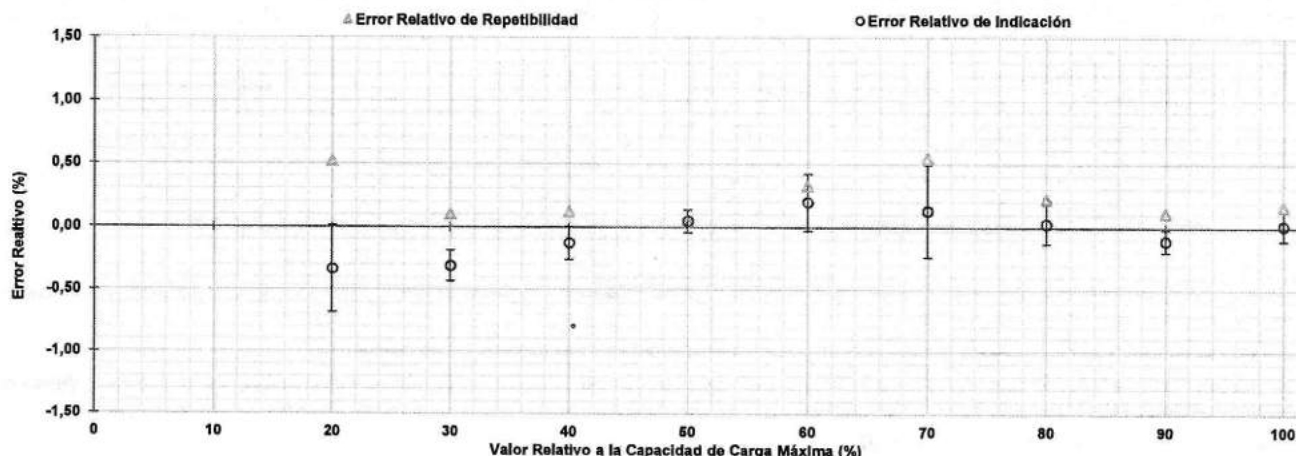


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (N) es la fuerza calculada y X (N) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B * x) + (C * x^2) + (D * x^3)$$

A	B	C	D
5,862 581 E00	9,929 300 E-01	9,222 204 E-07	4,562 767 E-10

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de Ensayos, de la empresa CONSULTORÍAS, GEOTECNIA Y AMBIENTE S.A.S. ubicada en Montería - Córdoba.. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 28,7 °C
Humedad Relativa Máxima: 58 % hr

Temperatura Ambiente Mínima: 27,7 °C
Humedad Relativa Mínima: 55 % hr

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

MANEJO Y VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD

F-31071-002 R0

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificados de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 5 kN	TCETM	930097	0,5	5946 del INM de Colombia	2024-06

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se usa la coma (,) como separador decimal.
- Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
- En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-31071-002**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R13.1

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 16 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



LABORATORIO DE METROLOGÍA

283/2

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-31071-007 R0

Page / Pág. 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN
Fabricante / Año <i>Manufacturer / Year</i>	PINZUAR (2016)
Modelo <i>Model</i>	PC-42-D
Número de Serie <i>Serial Number</i>	179
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	1000 kN
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 -12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 02 - 14
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 03 - 01

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Tecg. Jaiver López Poveda
Métrologo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-31071-007 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,1 kN
Apreciación	0,1 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	20 kN
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio $S_{1,2 y 3}$	Errores Relativos	
		S_1 Ascendente	S_2 Ascendente	S_3 Ascendente		Indicación q	Repetibilidad b
≈ %	kN	kN	kN	kN	kN	%	%
20,0	200,0	198,650	198,444	198,700	198,597 6	0,71	0,130
100,0	1000,0	990,144	990,654	989,434	990,077 0	1,00	0,124

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio $S_{1,2 y 3}$
		S_1 Ascendente	S_2 Ascendente	S_2' No Aplica	S_3 Ascendente	S_4 No Aplica	
≈ %	kN	kN	kN	—	kN	—	kN
20,0	200,0	201,001	200,539	—	200,659	—	200,733 0
30,0	300,0	301,152	300,479	—	300,690	—	300,773 9
40,0	400,0	400,670	400,570	—	400,710	—	400,650 2
50,0	500,0	500,668	500,518	—	500,783	—	500,656 4
60,0	600,0	600,923	601,023	—	601,098	—	601,014 5
70,0	700,0	700,180	700,385	—	700,230	—	700,265 1
80,0	800,0	800,572	800,522	—	800,627	—	800,574 1
90,0	900,0	900,251	899,690	—	900,121	—	900,020 6
100,0	1000,0	999,599	999,894	—	999,804	—	999,766 1

Tabla 3.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,31}$ %	$f_{0,32}$ %	$f_{0,32'}$ %	$f_{0,33}$ %	$f_{0,34}$ %
0,010	0,020	—	0,020	—

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



284/12

F-31071-007 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
≈ %	kN	Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %	a %	kN	U %	---
20,0	200,0	-0,37	0,229	---	0,050	0,46	0,23	2,52
30,0	300,0	-0,26	0,223	---	0,033	0,69	0,23	2,87
40,0	400,0	-0,16	0,035	---	0,025	0,44	0,11	2,01
50,0	500,0	-0,13	0,053	---	0,020	0,55	0,11	2,02
60,0	600,0	-0,17	0,029	---	0,017	0,66	0,11	2,01
70,0	700,0	-0,04	0,029	---	0,014	0,77	0,11	2,01
80,0	800,0	-0,07	0,013	---	0,013	0,88	0,11	2,01
90,0	900,0	0,00	0,062	---	0,011	0,99	0,11	2,05
100,0	1000,0	0,02	0,030	---	0,010	1,1	0,11	2,01

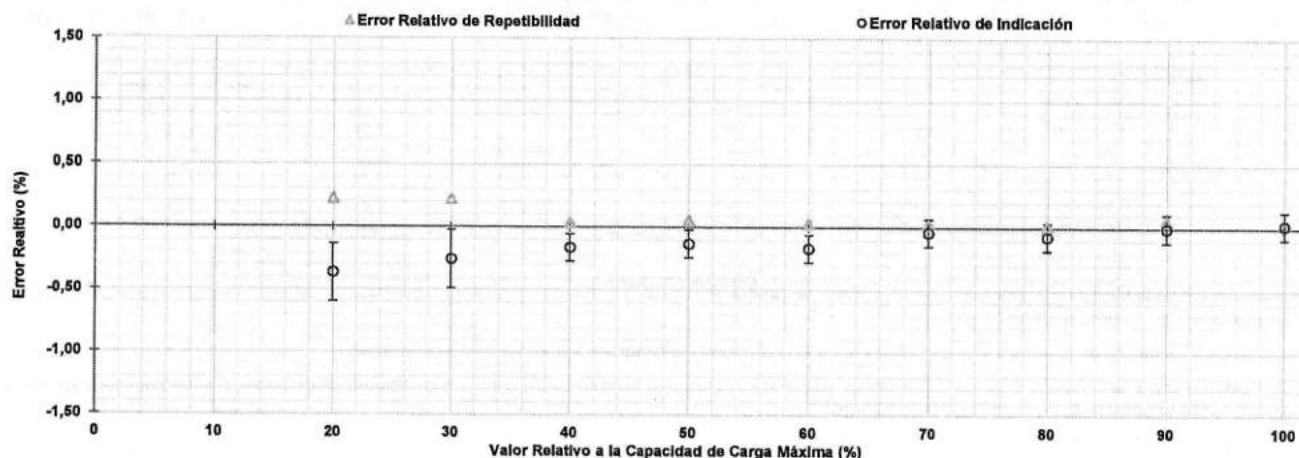


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B \cdot x) + (C \cdot x^2) + (D \cdot x^3)$$

A	B	C	D
7,884 126 E-01	9,992 543 E-01	2,847 657 E-06	-3,158 048 E-09

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de Ensayos de la empresa CONSULTORÍAS, GEOTECNIA Y AMBIENTE S.A.S. ubicada en Montería - Córdoba. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 29,3 °C
Humedad Relativa Máxima: 57 % hr

Temperatura Ambiente Mínima: 28,3 °C
Humedad Relativa Mínima: 55 % hr

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B-No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ONAC
ACREDITADO**F-31071-007 R0**

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificados de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 1000 kN	C8S	930040	0,5	6753 del INM de Colombia	2025-08

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se usa la coma (,) como separador decimal.
- Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
- En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-31071-007**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R13.1

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



ONAC Acreditado

285/2

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

F-31071-008 R0

Calibration Certificate - Laboratory of Force

Page / Pág. 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN
Fabricante / Año <i>Manufacturer / Year</i>	PINZUAR (2016)
Modelo <i>Model</i>	PC-42-D
Número de Serie <i>Serial Number</i>	179
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	200 kN
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 - 12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 02 - 14
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 03 - 01

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR

Ing. Sergio Iván Martínez

Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR

Tecg. Jaiver López Poveda

Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-31071-008 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,1 kN
Apreciación	0,1 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	20 kN
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio $S_{1,2 y 3}$	Errores Relativos	
		S_1 Ascendente	S_2 Ascendente	S_3 Ascendente		Indicación a	Repetibilidad b
≈ %	kN	kN	kN	kN	kN	%	%
20,0	40,0	39,757 1	39,767 2	39,661 0	39,728 45	0,68	0,269
98,0	196,0	199,870	199,966	199,639	199,824 7	-1,91	0,160

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio $S_{1,2 y 3}$
		S_1 Ascendente	S_2 Ascendente	S_2' No Aplica	S_3 Ascendente	S_4 No Aplica	
≈ %	kN	kN	kN	—	kN	—	kN
20,0	40,0	39,828 0	39,853 3	—	39,868 4	—	39,849 88
30,0	60,0	60,087 7	59,946 2	—	60,072 5	—	60,035 47
40,0	80,0	79,755 3	79,967 2	—	79,886 5	—	79,869 65
50,0	100,0	99,846 1	99,861 2	—	99,810 8	—	99,839 34
60,0	120,0	120,354	120,173	—	120,238	—	120,254 7
70,0	140,0	140,378	140,297	—	140,252	—	140,308 9
80,0	160,0	160,598	160,528	—	160,497	—	160,541 0
90,0	180,0	179,864	179,919	—	179,849	—	179,877 3
100,0	200,0	199,981	199,694	—	199,870	—	199,848 2

Tabla 3.

Error relativo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,100	0,050	—	0,100	—

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



ONAC
ACREDITADO

F-31071-008 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad				
= %	kN	q %	b %	v %	a %	U kN	U %	---
20,0	40,0	0,38	0,102	---	0,250	0,16	0,39	2,00
30,0	60,0	-0,06	0,236	---	0,167	0,18	0,30	2,10
40,0	80,0	0,16	0,266	---	0,125	0,22	0,28	2,21
50,0	100,0	0,16	0,051	---	0,100	0,28	0,28	2,00
60,0	120,0	-0,21	0,150	---	0,083	0,34	0,28	2,10
70,0	140,0	-0,22	0,089	---	0,071	0,39	0,28	2,03
80,0	160,0	-0,34	0,062	---	0,063	0,45	0,28	2,01
90,0	180,0	0,07	0,039	---	0,056	0,50	0,28	2,01
100,0	200,0	0,08	0,144	---	0,050	0,56	0,28	2,25

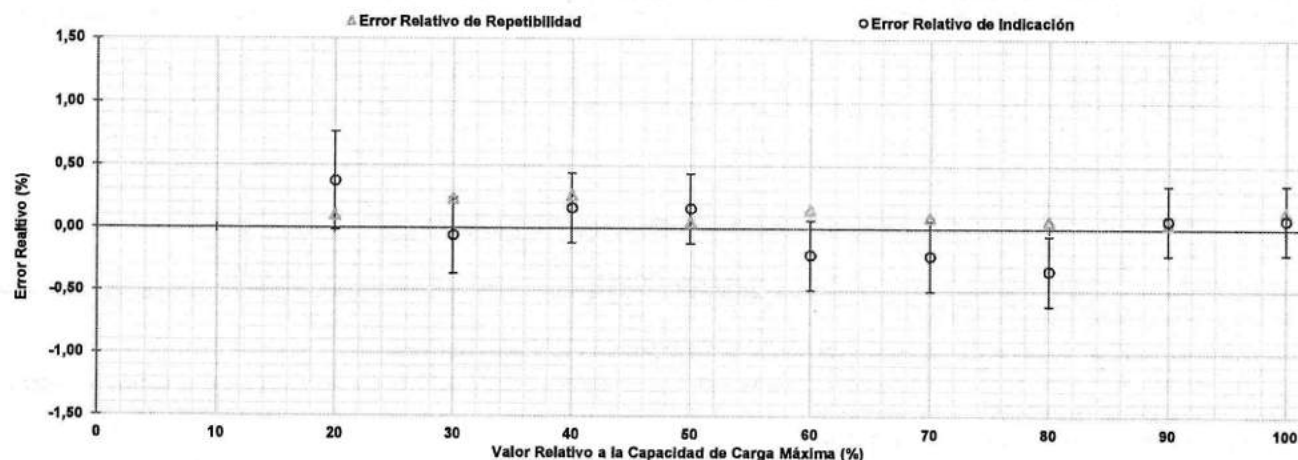


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B \cdot x) + (C \cdot x^2) + (D \cdot x^3)$$

A	B	C	D
7,310 138 E-01	9,660 147 E-01	3,955 959 E-04	-1,248 928 E-06

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de Ensayos, de la empresa CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S. ubicada en Montería - Córdoba.. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 21,6 °C
Humedad Relativa Máxima: 56 % hr

Temperatura Ambiente Mínima: 20,5 °C
Humedad Relativa Mínima: 54 % hr

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ONAC
#CREDITADO
12/01/2017
11/01/2018**F-31071-008 R0**

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificados de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 200 kN	C8S	930040	0,5	6754 del INM de Colombia	2025-06

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma (,) como separador decimal.
2. Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
3. En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
4. Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-31071-008**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R13.1

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel. 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
11.13.004

287/12

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-31071-009 R0

Page / Pág. 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN
Fabricante / Año <i>Manufacturer / Year</i>	PINZUAR (2006)
Modelo <i>Model</i>	PA-9
Número de Serie <i>Serial Number</i>	268 // C8049251
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	LM-017
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	50 kN
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 -12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 02 - 14
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 03 - 01

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Tecg. Jaiver López Poveda
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 • Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-31071-009 RO

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,01 kN
Apreciación	0,01 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	2 kN
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio $S_{1,2,y,3}$	Errores Relativos	
		S_1	S_2	S_3		Indicación	Repetibilidad
		Ascendente	Ascendente	Ascendente		a	b
≈ %	kN	kN	kN	kN	kN	%	%
20,0	10,00	10,005 3	10,035 0	10,035 0	10,025 07	-0,25	0,295
99,8	49,90	49,957 1	49,965 3	49,953 6	49,958 68	-0,12	0,023

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio $S_{1,2,y,3}$
		S_1	S_2	S_2'	S_3	S_4	
		Ascendente	Ascendente	No Aplica	Ascendente	No Aplica	
≈ %	kN	kN	kN	—	kN	—	kN
20,0	10,00	10,048 4	10,043 7	—	10,043 7	—	10,044 57
30,0	15,00	15,073 7	15,061 5	—	15,061 5	—	15,065 57
40,0	20,00	20,111 2	20,090 0	—	20,090 0	—	20,097 05
50,0	25,00	25,119 4	25,124 1	—	25,124 1	—	25,122 52
60,0	30,00	30,137 7	30,144 8	—	30,144 8	—	30,142 42
70,0	35,00	35,169 3	35,165 5	—	35,165 5	—	35,166 79
80,0	40,00	40,189 9	40,198 3	—	40,198 3	—	40,195 53
90,0	45,00	45,223 2	45,210 7	—	45,210 7	—	45,214 89
99,4	49,70	49,968 6	49,953 1	—	49,960 9	—	49,960 85

Tabla 3.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,s1}$	$f_{0,s2}$	$f_{0,s2'}$	$f_{0,s3}$	$f_{0,s4}$
%	%	%	%	%
0,020	0,020	—	0,020	—

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



ONAC
REGISTRO
11 DEC 2017

F-31071-009 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
$\approx \%$	kN	Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %	a %	kN	U %	—
20,0	10,00	-0,44	0,027	—	0,100	0,014	0,14	2,00
30,0	15,00	-0,44	0,081	—	0,067	0,021	0,14	2,03
40,0	20,00	-0,48	0,105	—	0,050	0,026	0,13	2,18
50,0	25,00	-0,488	0,018	—	0,040	0,024	0,095	2,00
60,0	30,00	-0,47	0,023	—	0,033	0,049	0,16	2,01
70,0	35,00	-0,474	0,011	—	0,029	0,032	0,092	2,01
80,0	40,00	-0,486	0,021	—	0,025	0,039	0,097	2,01
90,0	45,00	-0,475	0,028	—	0,022	0,035	0,078	2,01
99,4	49,70	-0,522	0,031	—	0,020	0,040	0,081	2,01

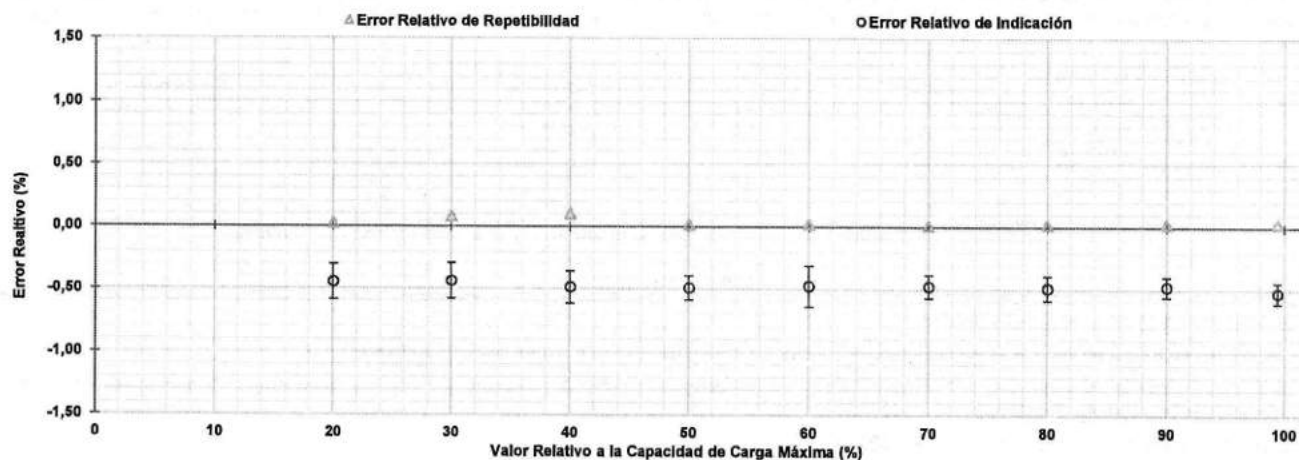


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B * x) + (C * x^2) + (D * x^3)$$

A	B	C	D
-3,605 291 E-02	1,009 351 E00	-1,801 920 E-04	2,228 064 E-06

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de Ensayos de la empresa CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S. ubicada en Montería - Córdoba. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 28,9 °C
Humedad Relativa Máxima: 58 % hr

Temperatura Ambiente Mínima: 28,0 °C
Humedad Relativa Mínima: 56 % hr

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

INSTRUMENTACIÓN
ELECTRÓNICA

F-31071-009 R0

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificados de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 50 kN	ZZB	6075	0.5	7123 del INM de Colombia	2025-10

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se usa la coma (,) como separador decimal.
- Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
- En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-31071-009**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R13.1

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



REGISTRO NÚMERO 0017
11 JUL 2004

289/12

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

F-31071-011 R0

Calibration Certificate - Laboratory of Force

Page / Pág. 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN
Fabricante / Año <i>Manufacturer / Year</i>	PINZUAR (2019)
Modelo <i>Model</i>	PC-180
Número de Serie <i>Serial Number</i>	233
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	LS-003
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	1000 kN
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 -12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 02 - 14
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 03 - 01

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

04

Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR

Tecg. Jaiver López Poveda
Métrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

F-31071-011 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,1 kN
Apreciación	0,1 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	20 kN
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio $S_{1,2 y 3}$	Errores Relativos	
		S_1 Ascendente	S_2 Ascendente	S_3 Ascendente		Indicación q	Repetibilidad b
≈ %	kN	kN	kN	kN	kN	%	%
20,0	200,0	204,322	203,950	204,116	204,129 5	-2,02	0,178
100,0	1000,0	999,429	999,829	999,974	999,744 4	0,03	0,055

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio $S_{1,2 y 3}$
		S_1 Ascendente	S_2 Ascendente	S_2' No Aplica	S_3 Ascendente	S_4 No Aplica	
≈ %	kN	kN	kN	—	kN	—	kN
20,0	200,0	199,926	200,031	—	200,001	—	199,986 0
30,0	300,0	301,253	300,846	—	300,991	—	301,030 0
40,0	400,0	400,981	401,182	—	401,137	—	401,100 1
50,0	500,0	500,212	500,518	—	500,352	—	500,360 5
60,0	600,0	602,556	602,401	—	602,581	—	602,512 8
70,0	700,0	700,385	700,586	—	700,510	—	700,493 8
80,0	800,0	800,217	800,878	—	800,547	—	800,547 4
90,0	900,0	899,986	900,296	—	900,371	—	900,217 3
100,0	1000,0	994,379	997,234	—	995,964	—	995,859 2

Tabla 3.

 Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,010	0,020	—	0,020	—

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 16 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-31071-011 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
$\approx$ %	kN	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad		kN	%	
		q %	b %	v %	a %			
20,0	200,0	0,01	0,053	---	0,050	0,56	0,28	2,01
30,0	300,0	-0,34	0,135	---	0,033	0,41	0,14	2,25
40,0	400,0	-0,27	0,050	---	0,025	0,44	0,11	2,02
50,0	500,0	-0,07	0,061	---	0,020	0,55	0,11	2,04
60,0	600,0	-0,42	0,030	---	0,017	0,66	0,11	2,01
70,0	700,0	-0,07	0,029	---	0,014	0,77	0,11	2,01
80,0	800,0	-0,07	0,082	---	0,013	0,88	0,11	2,09
90,0	900,0	-0,02	0,043	---	0,011	0,99	0,11	2,02
100,0	1000,0	0,42	0,288	---	0,010	1,8	0,18	2,01

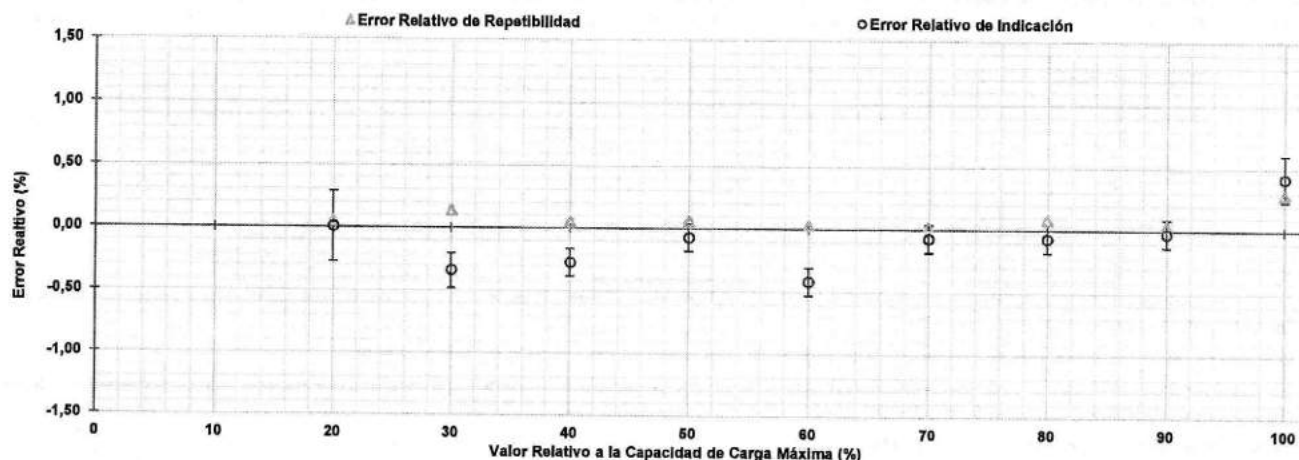


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B * x) + (C * x^2) + (D * x^3)$$

A	B	C	D
1,969 626 E00	9,834 483 E-01	4,976 766 E-05	-3,880 555 E-08

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de Ensayos de la empresa CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S. ubicada en Montería - Córdoba. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima:	29,3 °C	Temperatura Ambiente Mínima:	28,4 °C
Humedad Relativa Máxima:	58 % hr	Humedad Relativa Mínima:	55 % hr

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B-No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5510 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

PROVISO: 10001-001
11-LAC-004

F-31071-011 R0

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificados de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 1000 kN	C8S	930040	0.5	6753 del INM de Colombia	2025-06

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error realtivo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se usa la coma (,) como separador decimal.
- Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
- En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-31071-011**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R13.1

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel. 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

291/2



ONAC
AUTORIZADO

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-31071-012 R0

Page / Pág. 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
Modelo <i>Model</i>	No presenta
Número de Serie <i>Serial Number</i>	10105
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	LS-003
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	800 Und
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 -12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba.
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 02 - 15
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 03 - 01

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Tecg. Jaiver López Poveda
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5510 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-31071-012 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Análogica
Resolución	0,5 Und
Apreciación	0,5 Und
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	200 Und
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio S _{1,2 y 3}	Errores Relativos	
		S ₁ Ascendente	S ₂ Ascendente	S ₃ Ascendente		Indicación q	Repetibilidad b
≈ %	Und	kN	kN	kN	kN	%	%
20,0	160,0	0,524 77	0,522 37	0,522 14	0,523 091	—	0,501
100,0	800,0	2,576 68	2,576 80	2,575 55	2,576 344	—	0,048

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio S _{1,2 y 3}
		S ₁ Ascendente	S ₂ Ascendente	S _{2'} No Aplica	S ₃ Ascendente	S ₄ No Aplica	
≈ %	Und	kN	kN	—	kN	—	kN
20,0	160,0	0,522 74	0,524 62	—	0,524 67	—	0,524 007
30,0	240,0	0,782 60	0,782 43	—	0,784 18	—	0,783 071
40,0	320,0	1,042 29	1,040 77	—	1,041 24	—	1,041 436
50,0	400,0	1,299 81	1,299 04	—	1,298 84	—	1,299 228
60,0	480,0	1,557 78	1,558 43	—	1,555 88	—	1,556 696
70,0	560,0	1,815 25	1,814 92	—	1,814 77	—	1,814 982
80,0	640,0	2,087 30	2,086 95	—	2,087 50	—	2,087 249
88,8	710,0	2,298 69	2,298 57	—	2,298 79	—	2,298 682
100,0	800,0	2,576 60	2,576 75	—	2,576 90	—	2,576 752

El factor de conversión utilizado para calcular de N a kN = 1/1000,000 000, tomado del documento NIST SPECIAL PUBLICATION 811:2008 Guide for the use of the International System of Units (SI) - Anexo B8.

Tabla 3.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,s1}$ %	$f_{0,s2}$ %	$f_{0,s2'}$ %	$f_{0,s3}$ %	$f_{0,s4}$ %
0,050	0,050	—	0,050	—

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel. 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-31071-012 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
Und*	kN	Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %	a %	kN	U %	—
160,0	0,524	0,1	0,368	—	0,313	0,006 1	1,2	2,01
240,0	0,783	-0,08	0,223	—	0,208	0,006 0	0,77	2,01
320,0	1,041	-0,06	0,146	—	0,156	0,006 0	0,58	2,01
400,0	1,299	0,00	0,075	—	0,125	0,006 0	0,46	2,01
480,0	1,557	0,04	0,122	—	0,104	0,006 1	0,39	2,01
560,0	1,815	-0,02	0,026	—	0,089	0,006 0	0,33	2,01
640,0	2,067	0,17	0,027	—	0,078	0,006 0	0,29	2,01
710,0	2,299	-0,21	0,010	—	0,070	0,006 0	0,26	2,01
800,0	2,577	0,06	0,012	—	0,063	0,006 0	0,23	2,01

(*) Se utilizó la función de regresión polinomial mostrada en la Tabla 5, para calcular el valor de fuerza a partir del valor de unidades, se incluye la componente por el uso de la ecuación.

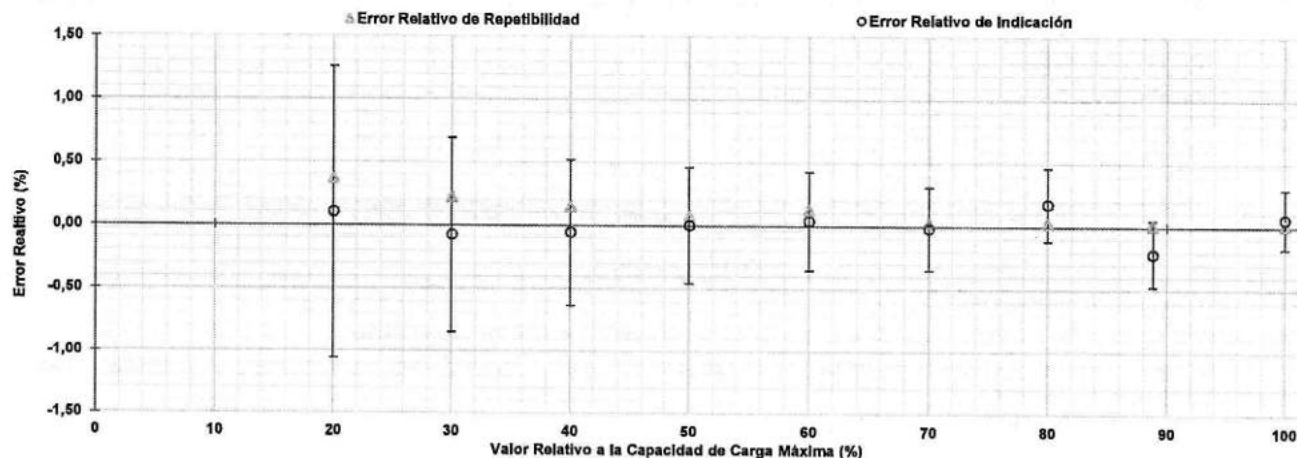


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B * x) + (C * x^2) + (D * x^3)$$

A	B	C	D
1,157 350 E-02	3,189 180 E-03	1,260 432 E-07	-1,274 559 E-10

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de Ensayos de la empresa CONSULTORÍAS, GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S. ubicada en Montería - Córdoba. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 28,9 °C
Humedad Relativa Máxima: 58 % hr

Temperatura Ambiente Mínima: 28,0 °C
Humedad Relativa Mínima: 56 % hr

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 16 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

F-31071-012 R0

F-31071-012 R0

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 5 kN	TCETM	930097	0.5	5946 del INM de Colombia	2024-06

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma (,) como separador decimal.
2. Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
3. En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
4. Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-31071-012**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R13.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel. 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



ONAC
ACREDITADO

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-31071-006 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS
Modelo <i>Model</i>	SPX222
Número de Serie <i>Serial Number</i>	B710807364
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	LS-007
Carga Máxima <i>Maximum load</i>	220 g
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS, GEOTECNIA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 -12.
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba.
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 02 - 16
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 03 - 01

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Tecg. Francisco Durán Romero
Metrólogo Laboratorio de Metrología

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Tecg. Jaiver Arnulfo López
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-24-F-01 R 8.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

MANEJO Y MANTENIMIENTO
DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

M-31071-006 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado	Comparación Directa
Número de Serie	B710807364
Identificación Interna	LS-007
Resolución	0,01 g
Intervalo Calibrado	0,2 g a 220 g
Documento de Referencia	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/cg-01/V.00 Año 2009

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.

Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	k ¹ , p=95,45%
0,200 0	0,20	0,20	0,000 0	0,000 0	0,008 2	2,01
5,000 1	5,00	5,00	- 0,000 1	- 0,000 1	0,008 2	2,01
20,000 0	20,00	20,00	0,000 0	0,000 0	0,008 2	2,01
50,000 1	50,00	50,00	- 0,000 1	- 0,000 1	0,008 2	2,01
99,999 9	100,00	100,00	0,000 1	0,000 1	0,008 2	2,01
119,999 9	120,00	120,00	0,000 1	0,000 1	0,008 2	2,01
150,000 0	150,00	150,00	0,000 0	0,000 0	0,008 2	2,01
180,000 0	180,00	180,00	0,000 0	0,000 0	0,008 2	2,01
199,999 9	200,00	200,00	0,000 1	0,000 1	0,008 2	2,01
219,999 9	220,00	220,00	0,000 1	0,000 1	0,008 2	2,01

Error vs. Carga

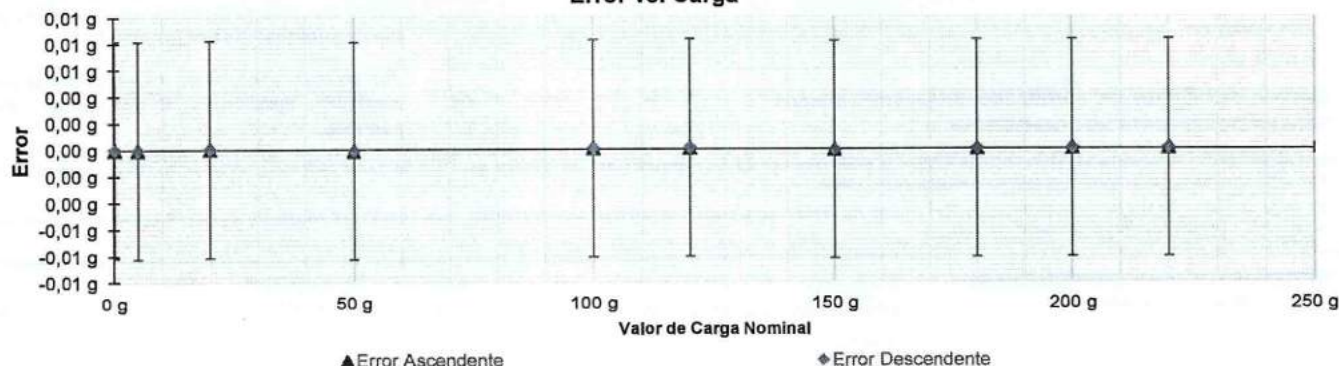


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

¹ Factor de cobertura

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 75 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
---	g	g
1	75,00	---
2	75,00	0,00
3	75,00	0,00
4	75,00	0,00
5	75,00	0,00
Diferencia máxima respecto al centro		0,00

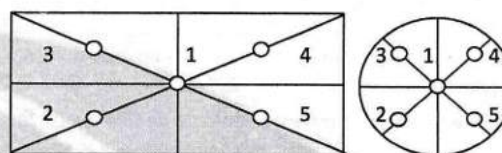


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Valor Nominal de las Cargas		
	1100 g	220 g
Cantidad de Repeticiones	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	110,00	220,00
2	110,00	220,00
3	110,00	220,00
4	110,00	220,00
5	110,00	220,00
6	110,00	220,00
7	110,00	220,00
8	110,00	220,00
9	110,00	220,00
10	110,00	220,00
Desviación Estándar	0,000 0 g	0,000 0 g

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue Laboratorio de Ensayos., CONSULTORÍAS GEOTECNÍA Y AMBIENTE S.A.S.; Montería - Córdoba.. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	22,3 °C	Temperatura Mínima:	21,9 °C
Humedad Máxima:	57 % HR	Humedad Mínima:	54 % HR
Presión Barométrica Máxima:	1010,2 hPa	Presión Barométrica Mínima:	1009,9 hPa

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

M-31071-006 RO

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_R .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 3,02 \text{ E-}07 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,67 \text{ E-}05 + 3,44 \text{ E-}11 \cdot R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) reportados(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	Pinzuar	M-30123-002 PINZUAR CAP-1084-23 WR Laboratorios	2023-10-02
Láminas clase F1	Pinzuar	CAP-164-23 WR Laboratorios	2023-02-21

- Se usa la coma como separador decimal
- Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
- Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
- Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
- Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-31071-006**

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 R8.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel. 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



ONAC Acreditado
Nº 11.142.004

295/2

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-32152-001 R0

Page / Pág. 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN
Fabricante / Año <i>Manufacturer / Year</i>	ROSSEMBERG & REINGENIERIA S.A.S (2021)
Modelo <i>Model</i>	2012001//S050306
Número de Serie <i>Serial Number</i>	201121213 // B120829477 // 152
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	LS-004
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	5 kN
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS GEOTÉCNIA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 - 12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Córdoba
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 07 - 03
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 07 - 09

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Tecg. Jaiver López Poveda
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-32152-001 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,001 kN
Apreciación	0,001 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	0,2 kN
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio S _{1,2 y 3}	Errores Relativos	
		S ₁ Ascendente	S ₂ Ascendente	S ₃ Ascendente		Indicación q	Repetibilidad b
≈ %	kN	kN	kN	kN	kN	%	%
20,0	1,000	1,002 27	1,002 55	1,002 55	1,002 456	-0,24	0,027
80,0	4,000	4,002 28	4,002 56	4,002 56	4,002 466	-0,06	0,007
100,0	5,000	4,995 42	4,995 62	4,996 22	4,995 756	0,08	0,016

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio S _{1,2 y 3}
		S ₁ Ascendente	S ₂ Ascendente	S _{2'} No Aplica	S ₃ Ascendente	S ₄ No Aplica	
≈ %	kN	kN	kN	—	kN	—	kN
20,0	1,000	1,006 85	1,006 12	—	1,005 15	—	1,006 707
30,0	1,500	1,504 63	1,507 33	—	1,503 90	—	1,505 288
40,0	2,000	2,003 59	2,006 97	—	2,002 44	—	2,004 334
50,0	2,500	2,502 91	2,505 63	—	2,500 31	—	2,502 953
60,0	3,000	3,000 91	3,005 28	—	2,998 49	—	3,001 560
70,0	3,500	3,499 76	3,500 54	—	3,497 29	—	3,499 196
80,0	4,000	4,000 89	4,002 93	—	3,995 80	—	3,999 871
90,0	4,500	4,496 82	4,503 18	—	4,495 30	—	4,498 433
100,0	5,000	4,995 60	4,995 95	—	4,992 63	—	4,994 725

Tabla 3.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,s1}$ %	$f_{0,s2}$ %	$f_{0,s2'}$ %	$f_{0,s3}$ %	$f_{0,s4}$ %
0,002	0,000	—	0,000	—

LM-PC-05-F-01 R14.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-32152-001 R0

Página / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa <i>a</i> %	Incertidumbre Expandida		<i>k</i> <i>p</i> = 95 %
≈ %	kN	Indicación <i>q</i> %	Repetibilidad <i>b</i> %	Reversibilidad <i>v</i> %		kN <i>U</i>	%	
20,0	1,000	-0,67	0,294	---	0,100	0,003 2	0,32	3,31
30,0	1,500	-0,35	0,227	---	0,067	0,003 9	0,26	3,31
40,0	2,000	-0,22	0,225	---	0,050	0,005 0	0,25	3,31
50,0	2,500	-0,12	0,212	---	0,040	0,005 7	0,23	3,31
60,0	3,000	-0,05	0,226	---	0,033	0,009 6	0,32	4,52
70,0	3,500	0,023	0,093	---	0,029	0,003 4	0,098	2,87
80,0	4,000	0,00	0,178	---	0,025	0,010	0,26	4,52
90,0	4,500	0,03	0,175	---	0,022	0,011	0,26	4,52
100,0	5,000	0,106	0,067	---	0,020	0,003 5	0,070	2,65

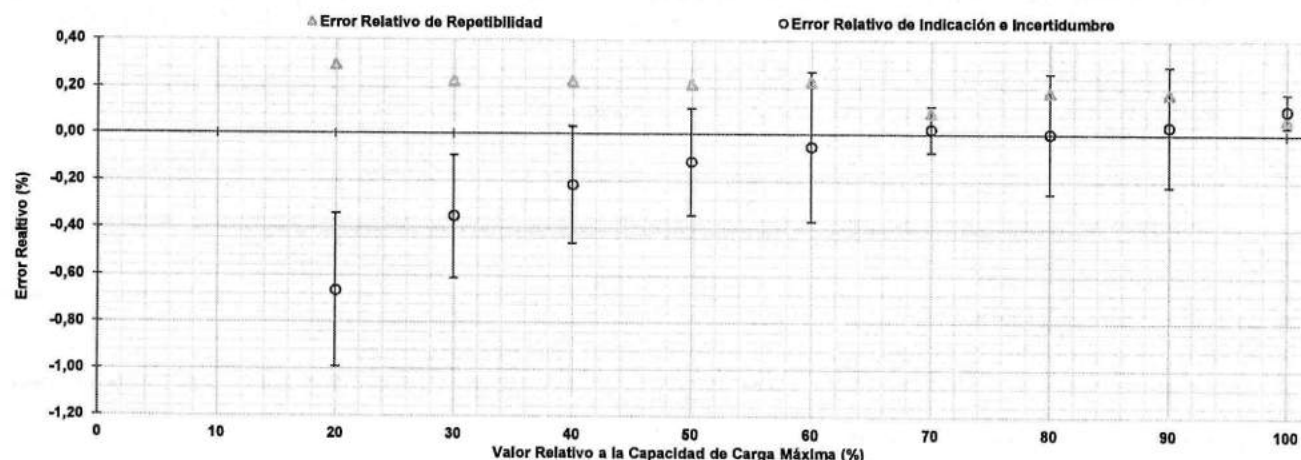


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde *F* (kN) es la fuerza calculada y *X* (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B \cdot x) + (C \cdot x^2) + (D \cdot x^3)$$

A	B	C	D
1,186 270 E-02	9,936 881 E-01	1,539 512 E-03	-1,880 115 E-04

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de la empresa CONSULTORIAS GEOTECNIA Y AMBIENTE S.A.S. ubicada en Montería - Córdoba. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 28,8 °C
Humedad Relativa Máxima: 63 % hr

Temperatura Ambiente Mínima: 28,7 °C
Humedad Relativa Mínima: 61 % hr

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 16 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel. 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

MANEJO AUTOMATIZADO DE DATOS

F-32152-001 R0

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de medición declarada se expresa como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k , de modo que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente el 95%. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 5 kN	U2B	N76720	1	6923 del INM de Colombia	2025-08

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma (,) como separador decimal.
2. Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
3. En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
4. Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-32152-001**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R14.1

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



MOVILICACIÓN 2017
11.1.2017

297/12

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-32152-002 R0

Page / Pág. 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN
Fabricante / Año <i>Manufacturer / Year</i>	PINZUAR (2020)
Modelo <i>Model</i>	PSD-10//S050306
Número de Serie <i>Serial Number</i>	103 // J180911426 // 152
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No Presenta
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	5 kN
Solicitante <i>Customer</i>	CONSULTORÍAS GEOTÉCNIA Y AMBIENTE S.A.S.
Dirección <i>Address</i>	Calle 27 No. 6 - 12
Ciudad <i>City</i>	Montería - Cordoba
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 07 - 02
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 07 - 09
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Tecg. Jaiver López Poveda
Métrólogo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO 9001:2015 CERTIFICADO

F-32152-002 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,001 kN
Apreciación	0,001 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	0,2 kN
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio $S_{1,2 y 3}$	Errores Relativos	
		S_1 Ascendente	S_2 Ascendente	S_3 Ascendente		Indicación q	Repetibilidad b
≈ %	kN	kN	kN	kN	kN	%	%
20,0	1,000	1,002 27	1,002 62	1,003 50	1,002 797	-0,28	0,122
40,0	2,000	2,007 47	2,007 19	2,005 82	2,006 824	-0,34	0,082
80,0	4,000	4,015 73	4,014 41	4,015 21	4,015 118	-0,38	0,033
100,0	5,000	5,016 40	5,020 12	5,018 20	5,018 241	-0,36	0,074

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio $S_{1,2 y 3}$
		S_1 Ascendente	S_2 Ascendente	S_2' No Aplica	S_3 Ascendente	S_4 No Aplica	
≈ %	kN	kN	kN	—	kN	—	kN
20,0	1,000	1,003 07	1,002 25	—	1,003 02	—	1,002 781
30,0	1,500	1,506 18	1,506 00	—	1,504 60	—	1,505 596
40,0	2,000	2,010 09	2,007 24	—	2,007 09	—	2,008 140
50,0	2,500	2,509 40	2,509 90	—	2,509 88	—	2,509 730
60,0	3,000	3,011 02	3,011 02	—	3,009 17	—	3,010 406
70,0	3,500	3,512 19	3,514 36	—	3,511 94	—	3,512 832
80,0	4,000	4,017 08	4,013 91	—	4,014 91	—	4,015 301
90,0	4,500	4,517 20	4,517 63	—	4,516 55	—	4,517 129
98,0	4,900	4,918 34	4,918 96	—	4,919 36	—	4,918 888

Tabla 3.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,81}$ %	$f_{0,82}$ %	$f_{0,82'}$ %	$f_{0,83}$ %	$f_{0,84}$ %
0,000	0,000	—	0,000	—

LM-PC-05-F-01 R14.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

298/12

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 16 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE METROLOGÍA

F-32152-002 RO

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa <i>a</i> %	Incertidumbre Expandida			<i>k</i> $p=95\%$
$\approx$ %	kN	Indicación <i>q</i> %	Repetibilidad <i>b</i> %	Reversibilidad <i>v</i> %		kN	<i>U</i> %		
20,0	1,000	-0,28	0,082	---	0,100	0,001 2	0,12	2,07	
30,0	1,500	-0,37	0,104	---	0,067	0,001 7	0,11	2,25	
40,0	2,000	-0,41	0,149	---	0,050	0,003 4	0,17	2,87	
50,0	2,500	-0,388	0,020	---	0,040	0,001 6	0,065	2,01	
60,0	3,000	-0,346	0,061	---	0,033	0,002 2	0,072	2,23	
70,0	3,500	-0,365	0,069	---	0,029	0,002 6	0,073	2,52	
80,0	4,000	-0,381	0,079	---	0,025	0,003 2	0,080	2,65	
90,0	4,500	-0,379	0,024	---	0,022	0,001 7	0,038	2,03	
98,0	4,900	-0,384	0,021	---	0,020	0,001 7	0,036	2,02	

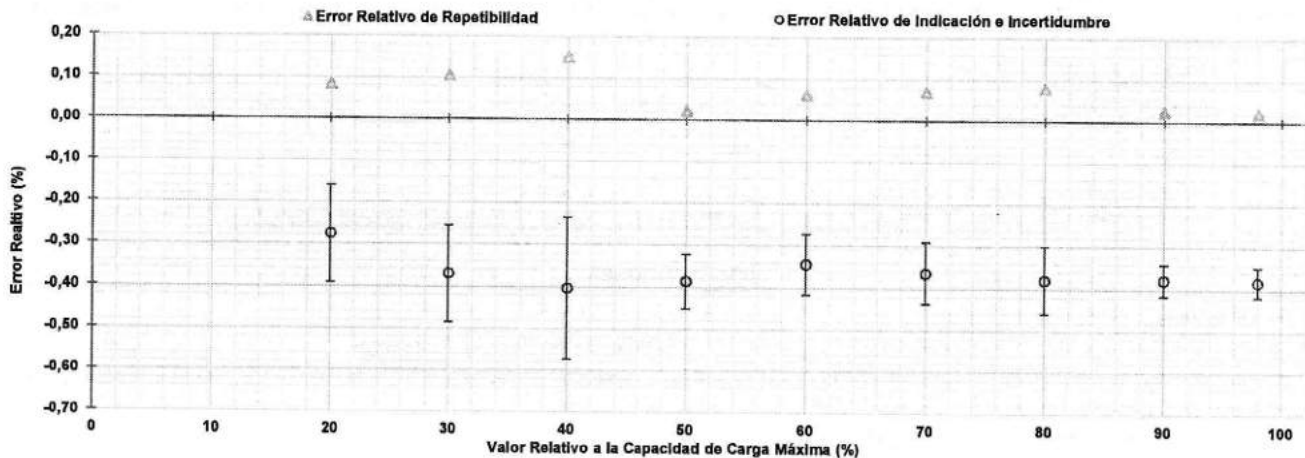


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde *F* (kN) es la fuerza calculada y *X* (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B * x) + (C * x^2) + (D * x^3)$$

A	B	C	D
-4,559 487 E-03	1,009 250 E00	-2,001 772 E-03	2,244 691 E-04

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de la empresa CONSULTORIAS GEOTÉCNIA Y AMBIENTE S.A.S. ubicada en Montería - Córdoba. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 29,1 °C
Humedad Relativa Máxima: 55 % hr

Temperatura Ambiente Mínima: 28,5 °C
Humedad Relativa Mínima: 54 % hr

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 16 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 601) 745 4555 - Cel: 316 538 5610 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co

**F-32152-002 R0**

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de medición declarada se expresa como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k , de modo que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente el 95%. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 5 kN	U2B	N76720	1	6923 del INM de Colombia	2025-08

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma (,) como separador decimal.
2. Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
3. En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
4. Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-32152-002**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R14.1

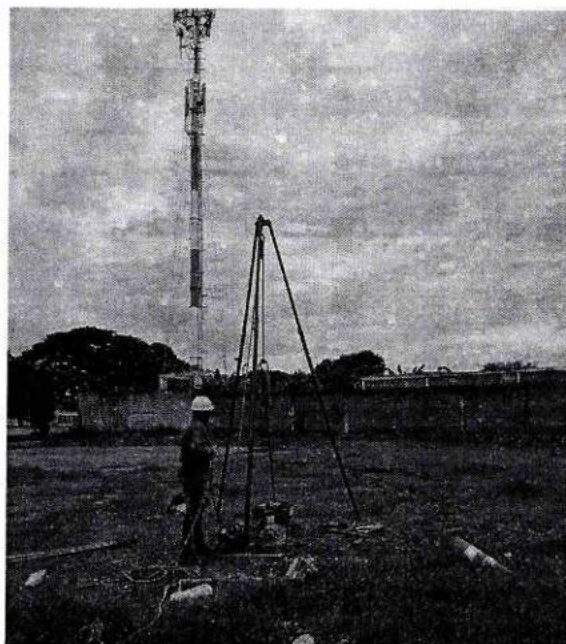
ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO



PABLO CASTILLA NEGRETE

Estudios Geotécnicos y Ambientales

**ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y
RIESGO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA
UNIDAD DEPORTIVA LOCALIZADA EN EL
BARRIO LA PRADERA DEL MUNICIPIO DE
MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA**



I.C. PABLO CASTILLA NEGRETE.

ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**ESPECIALISTA EN PREVENCIÓN, ATENCIÓN Y REDUCCIÓN
DE DESASTRES**

ESPECIALISTA EN GERENCIA PARA INGENIEROS

MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL RIESGO Y DESARROLLO

MONTERÍA - 2024



TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN.....	4
2 ANTECEDENTES	5
3 ASPECTOS NORMATIVOS.....	7
4 OBJETIVOS	8
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
5 METODOLOGÍA	8
5.1 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	8
5.2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	11
5.2.1. VULNERABILIDAD FÍSICA.	11
5.2.2. VULNERABILIDAD SOCIAL.	14
5.2.3. VULNERABILIDAD AMBIENTAL.	15
5.2.4. VULNERABILIDAD ECONÓMICA.....	16
5.3. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO	17
6 INFORMACIÓN SECUNDARIA	18
6.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO SINÚ POMCA.....	18
6.2 PLAN DEPARTAMENTAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	20
6.3 MAPA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA	22
6.4 MANCHA DE INUNDACIÓN DEL IDEAM DURANTE EL FENÓMENO DE LA NIÑA EN EL AÑO 2010.	23
7 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	23
8 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO	25
8.1 CLIMATOLOGÍA.....	27
8.1.1 TEMPERATURA	27
8.1.2 PRECIPITACIÓN	28
8.2 SUELOS	29
8.3 GEOLOGÍA	31
8.4 GEOMORFOLOGÍA	33
8.5 ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO	35
9 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	35
10 ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN DEL RIESGO	38
10.1 CONCEPTOS BÁSICOS	39



10.1.1	AMENAZA.....	39
10.1.2	ELEMENTOS EXPUESTOS.....	39
10.1.3	RIESGO.....	39
10.1.4	RIESGO DE DESASTRE.....	39
10.1.5	VULNERABILIDAD.....	39
11	ANÁLISIS DETALLADO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	40
11.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR.....	40
11.2	ESTUDIO HIDROLÓGICO	41
11.2.1	PRECIPITACIONES ANUALES.....	47
11.2.2	PRECIPITACIÓN MENSUAL	49
11.2.3	CURVAS I-D-F (INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA).	51
11.2.4	DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN (LLUVIAS DE DISEÑO).	53
11.3	ANÁLISIS DE CAUDALES	56
11.3.1	ÁREA DE DRENAJE.....	57
11.3.2	MÉTODO DE TRANSFORMACIÓN LLUVIA – ESCORRENTÍA. HIDROGRAMA UNITARIO.....	58
11.3.3	MÉTODO DE PÉRDIDA - NÚMERO DE CURVA SCS	60
11.3.4	ESCORRENTÍA.	62
11.3.5	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE.....	62
11.3.6	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	63
11.3.7	TRÁNSITO DE CRECIENTE	66
11.3.8	PERIODO DE RETORNO.	67
11.3.9	MODELACIÓN HEC – HMS	67
11.3.10	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y TIEMPO DE RETARDO.....	69
11.3.11	CAUDALES PICO DEL HIDROGRAMA PARA CADA SUBCUENCA.....	73
11.4	ESTUDIO HIDRÁULICO	77
11.4.1	DATOS DE ENTRADA.....	78
11.4.2	GEOMETRÍA: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	78
11.4.3	EL NÚMERO DE MANNING.....	79
11.4.4	CAUDALES DE DISEÑO	80
11.5	MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LOS CANALES EN CONDICIONES ACTUALES.	80
11.5.1	VISTA EN PLANTA.....	81
11.5.2	SECCIONES TRANSVERSALES.....	81
11.6	RESULTADOS OBTENIDOS (RASTER).....	86
11.6.1	PROFUNDIDAD DEL FLUJO.....	86
11.6.2	VELOCIDAD DEL FLUJO.....	89
11.6.3	VELOCIDAD POR PROFUNDIDAD DEL FLUJO	92



11.6.4	ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	94
12	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	98
12.1	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN CONDICIONES ACTUALES.....	99
12.1.1	IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS.	99
13	EVALUACIÓN DEL RIESGO	99
14	DETERMINACIÓN DE MITIGABILIDAD O NO MITIGABILIDAD DEL RIESGO	
	100	
14.1	MEDIDAS ESTRUCTURALES.	100
15	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
16	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	104
17	BIBLIOGRAFÍA.....	105



PABLO CASTILLA NEGRETE

Estudios Geotécnicos y Ambientales



ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DEPORTIVA LOCALIZADA EN EL BARRIO LA PRADERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

1 INTRODUCCIÓN

Los estudios detallados están orientados a determinar la categorización del riesgo y establecer las medidas de mitigación correspondientes. Decreto 1077-2015 SECCIÓN 3 INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO EN LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL SUBSECCIÓN 1. DISPOSICIONES GENERALES SUB-SUBSECCIÓN 2. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DETALLADOS ARTICULO 2.2.2.1.3.2.2.1 Estudios detallados.

El fin del presente estudio además de categorizar la amenaza, vulnerabilidad y el riesgo, es prevenir la ocurrencia de daños ocasionados por inundaciones que afecten la habitabilidad, funcionabilidad, permanencia y confiabilidad estructural de las edificaciones e infraestructuras proyectadas.

Atendiendo a todas las solicitudes contempladas en el decreto 1077 de 2015 y de acuerdo con la solicitud presentada por el MUNICIPIO DE MONTERIA, este estudio se compone de 14 capítulos.

Los primeros 4 capítulos hacen referencia al propósito y enfoque del presente estudio. Luego, en el capítulo 5 se consigna la metodología utilizada para la gestión del riesgo del predio en cuestión, la cual de acuerdo con la sugerencia de la "Guía Detallada para Desarrollar el Contenido de Estudios Detallados de Riesgos" de la CVS, es la Metodología del IDEAM para lo que corresponde a la zonificación de la amenaza. Por otro lado, para la vulnerabilidad se toma como base el estudio Atlas de Riesgo de Colombia.

Los capítulos 6, 7, 8, 9 y 10 hacen referencia a Información Secundaria, Descripción y Localización General del Proyecto, Características de la Zona del Proyecto, Situación Actual de la Zona de Localización del Proyecto y Aspectos Generales de la Gestión del Riesgo, respectivamente.

Por su parte en el capítulo 11 se muestra los resultados del Análisis Detallado de la Amenaza, la cual es desarrollada teniendo en cuenta los cuerpos de agua que representan peligro para los lotes objeto del presente estudio, desarrollando el análisis hidrológico, la modelación hidráulica y las manchas de inundación por medio del software HEC-Ras 6.2. El capítulo 12 presenta la Evaluación de la Vulnerabilidad, en el cual se puede encontrar el análisis de la vulnerabilidad física, social, ambiental y económica. Siguiendo lo indicado



en la *"Guía Detallada para Desarrollar el Contenido de Estudios Detallados de Riesgos"*, para proyectos nuevos en los cuales los elementos expuestos no se han materializado en el sitio dicha vulnerabilidad se debe evaluar a los elementos proyectados.

Seguido, en el capítulo 13 se realiza la evaluación del riesgo basados en lo dispuesto por la UNGRD, PNUD (2012) en su Guía Metodológica para la Elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo.

El capítulo 14 que corresponde a la determinación de mitigabilidad o no mitigabilidad del Riesgo, comprende todo lo referente a las Medidas de Intervención para la prevención, mitigación del riesgo y/o reducción de la amenaza y/o vulnerabilidad de conformidad con lo previsto en el artículo 19 del Decreto 1807-2014.

2 ANTECEDENTES

La Gestión del Riesgo de Desastre, como concepto central de la discusión en torno a la intervención en el riesgo y desastre, data esencialmente de la última mitad de los años noventa del siglo pasado y, desde entonces, ha reemplazado en muchos lugares las nociones de Manejo, Gestión o Administración de Desastres, tan comunes desde los años sesenta en adelante. (NARVAEZ, 2009)

El mero cambio de terminología, sin entrar en el fondo de las distinciones sustanciales, ilustra cómo el eje de análisis y preocupación ha pasado del desastre mismo (el daño y la pérdida) hacia el riesgo, la potencialidad de daño y pérdida, con lo cual se abrió espacio para mayores consideraciones sobre los procesos de prevención y mitigación del riesgo, a diferencia de la respuesta a desastres ya ocurridos y los procesos posteriores de reconstrucción. Su uso como noción y para describir un proceso y conjunto de prácticas particulares relacionados con gobierno y sociedad civil, data esencialmente del periodo posterior al impacto del Huracán Mitch en Centroamérica. Ese singular evento sirvió para revelar una serie de aspectos del riesgo y desastre fuertemente relacionados con los procesos de desarrollo y marginación de la población pobre, incluyendo los procesos severos de degradación ambiental que sufrieron en el periodo post guerra y que contribuyó sustancialmente a la creación de nuevas amenazas en la sociedad. La vinculación del proceso de gestión con la problemática del desarrollo y su gestión será el factor definitorio de lo que se desarrollaría como el proceso y la práctica de la gestión del riesgo en la primera década del nuevo siglo. (NARVAEZ, 2009)

En Colombia, le correspondió al Ministerio del Interior y de Justicia ejecutar el proyecto de Fortalecimiento de Políticas e Instrumentos Financieros del Sistema Nacional de



Prevención y Atención de Desastres, a través de éste se llevó a cabo las acciones que permitieron la elaboración de proyecto de ley para el establecimiento de una política nacional de gestión del riesgo de desastres. A mediados del mes de agosto de 2011, el ministro del interior, Germán Vargas Lleras radicó ante la Secretaría de la Cámara de Representantes el proyecto de Ley. De manera paralela a partir de la Ley 1444 de 2011, el presidente de la República Juan Manuel Santos, creó la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD como una entidad adscrita a la presidencia de la república con el objetivo de dirigir la implementación de la gestión del riesgo de desastres, atendiendo las políticas de desarrollo sostenible, y coordinar el funcionamiento y el desarrollo continuo del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo. Con la expedición del Decreto 4147 de 2011 "Por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objeto y estructura", se asignaron, entre otras, la función de "formular y coordinar la ejecución de un Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, realizar el seguimiento y evaluación del mismo".

Para darle cumplimiento al Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la Gobierna Nacional desarrolló normatividad y herramientas técnicas apropiadas para el conocimiento del riesgo, la prevención del riesgo, la reducción del riesgo, preparar la respuesta al riesgo, responder - rehabilitar y recupera y reconstruir zonas afectadas; incluyendo la recuperación social, económica y física de la población y sus modos de vida.

La Ley 1523 de 2012 del Sistema Nacional modificó la estructura del marco institucional que soportaba la Gestión del Riesgo en el país; esto con el fin de articular adecuadamente las acciones que se formulen desde el nivel departamental, con los ámbitos nacional y municipal. Esta nueva estructura, sobre el marco institucional cuenta con la dirección del presidente de la República, seguido por las entidades territoriales, gobernadores y alcaldes.

Con la actualización del POT en el año 2021, el municipio de Montería desarrolló un instrumento que permite la categorización básica del riesgo, incluyendo las variables que este incluye.

Por su parte, el Acuerdo 003 de 2021 del Concejo Municipal de Montería "*POR MEDIO DEL CUAL SE ADOPTA UNA REVISIÓN GENERAL ORDINARIA DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE MONTERÍA*", en su **Artículo 80 - Delimitación y zonificación de áreas con condición de amenaza** establece que éstas corresponden a las zonas o áreas del territorio municipal localizadas en suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano y centros poblados rurales, con posibilidad de desarrollo, que están zonificadas como de amenaza alta y media. Su desarrollo por urbanización o



parcelación implica la realización de estudios de detalle de amenaza y riesgo por fenómenos de movimientos en masa e inundación, los cuales deberán ser realizados por parte de los urbanizadores previa solicitudes de licencias urbanísticas, a fin de determinar la viabilidad del futuro desarrollo, siempre y cuando se garantice la mitigación de la amenaza y/o riesgo.

Para el caso específico de la zona de estudio, éste se encuentra ubicado en suelo urbano del municipio de Montería; de acuerdo con el Plano 06-G zonificado como amenaza alta, media y baja por inundación de acuerdo con el Plano 08-G.

3 ASPECTOS NORMATIVOS

Constitución Política de Colombia. La constitución Política reglamentó entre otras disposiciones: de 1991 Artículo 2. Son fines esenciales del Estado: servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución; facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación; defender la independencia nacional, mantener la integridad territorial y asegurarla convivencia pacífica y la vigencia de un orden justo.

Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias, y demás derechos y libertades, y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares.

En cuanto al manejo de los recursos naturales se reglamentaron disposiciones sobre la vivienda digna y el manejo de los recursos naturales para garantizar el desarrollo sostenible (prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental). Como primer paso para la Planeación, definió la obligatoriedad para las Entidades Territoriales de elaborar su Plan de Desarrollo.

Ley 1523 de 2021. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1807 de 2014. Por el cual se reglamenta el artículo 189 del decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dedican otras disposiciones.

Decreto 1077 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

"Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo para la construcción de la unidad deportiva localizada en el barrio La Pradera del municipio de Montería, departamento de Córdoba."



4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Desarrollar el Estudio de Gestión del Riesgo de Desastre por Inundación detallado para el proyecto ubicado sobre la carrera 29 entre la transversal 29 y la calle 20, límite entre los barrios Canta Claro y la Pradera, de acuerdo con lo dispuesto en los decretos 1807-2014 y 1077-2015, con el fin de prevenir daños por medio de un análisis prospectivo del territorio.

4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de los estudios básicos y detallados de riesgos del territorio a nivel municipal existentes.
- Definir y caracterizar el área de estudio de acuerdo con la información suministrada por el cliente y los diseños adelantados para el proyecto.
- Realizar el análisis detallado de amenaza por inundación.
- Categorizar la amenaza por inundación conforme con las metodologías planteadas en el marco de las políticas de gestión de riesgo de Colombia.
- Adelantar la evaluación y categorización de vulnerabilidad física, social, ambiental y financiera del proyecto.
- Desarrollar la evaluación del riesgo por inundación para el proyecto, teniendo en cuenta la amenaza, la vulnerabilidad, la exposición, sus orígenes, causas y transformación.
- Proponer o formular medidas de intervención para la prevención y/o mitigación del riesgo por inundación determinados en el análisis del mismo.
- Determinar los costos asociados a las medidas de intervención propuestas.
- Evaluar y categorizar el riesgo conforme a las medidas de intervención.

5 METODOLOGÍA

5.1 Metodología para el análisis de amenaza por inundación

La metodología empleada es la propuesta por "Guía de integración de la Gestión del Riesgo y el ordenamiento Territorial Municipal" (UNGRD. 2015).

De acuerdo con el Decreto 1077 de 2015/1807 de 2014, los métodos de análisis para estudios básicos y detallados son los siguientes:

TIPO DE ESTUDIO	CLASE DE SUELO	ESCALA	MÉTODOS DE ANÁLISIS
Estudio básico	Urbano o expansión urbana	1:5000	Estadístico, Determinístico, o Probabilístico.
	Rural	1:25000	Heurístico, Estadístico.
Estudio detallado	Urbano o expansión urbana	1:2000	Determinístico o probabilístico.
	Rural	1:5000	

Tabla 1. Métodos de análisis para estudios básicos y detallados.

Fuente. Guía de integración de la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial municipal.

- **Método determinístico:** Es una abstracción matemática que describe el fenómeno sin incertidumbre, es decir, con perfecto conocimiento de las causas, el proceso y los resultados. Para analizar la amenaza por movimientos en masa se utilizan análisis mecánicos y modelos de estabilidad para determinar el factor de seguridad de una ladera o macizo rocoso. Son métodos fiables y precisos cuando se dispone de datos válidos sobre los parámetros de resistencia de la ladera.
- **Método probabilístico:** Esta basado en variables tomadas como datos al azar, los cuales se relacionan mediante funciones matemáticas. Estos métodos pueden ser distribuciones de probabilidad o procesos estocásticos que constituyen el modelo matemático de un experimento aleatorio y son una "idealización" con las cuales se quiere representar o modelar la realidad. Algunos de estos métodos son: Lógica difusa (LD), Algoritmos difusos (AD), redes neuronales Artificiales (RNA), Algoritmos genéticos (AG), Programación Geotécnica (PG), Colonia de Hormigas y Algoritmos evolucionados, entre otros. (Unidad Nacional para la gestión del riesgo de desastre, 2015).

Llevando a cabo la metodología la propuesta por "Guía de integración de la Gestión del Riesgo y el ordenamiento Territorial Municipal" se presentan los ítems a seguir.

- Identificar y demarcar la subzona hidrológica de acuerdo con la nomenclatura IDEAM para identificar el POMCA y los lineamientos del Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR correspondiente y la(s) cuenca(s) presentes en el municipio.
- Describir las inundaciones ocurridas a partir de fuentes documentales (estudios existentes, imágenes aéreas y datos históricos, destacando las que causaron mayor afectación).
- Realizar modelamiento hidrológico-hidráulico a partir de información hidrológica (medición de lluvias y niveles existentes) y de escenarios de cambio climático,



factores de infiltración y retención de la cuenca para la modelación hidrológica y de topografía a escala adecuada.

- Aplicar criterios de categorización de acuerdo con la condición particular del municipio definiendo las áreas de alta amenaza por inundación. En general asociados a la profundidad de flujo.

Para la evaluación de la amenaza por inundación se emplearon cálculos estadísticos hidrológicos de diferentes modelos probabilísticos correspondientes a Log Normal, Normal, Gumbel, Pearson III, Log Pearson III, Gama II, donde la comparación de estos métodos pretende hallar cuál de estas funciones se ajusta mejor a la forma de los caudales picos que presentan las diferentes estaciones pluviométricas, posteriormente se realiza una modelación hidráulica de la fuente de agua más cercana para caudales con diferentes periodos de retornos.

Conforme con la guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación del IDEAM, para realizar la categorización de la amenaza por inundación existen diferentes criterios, sin embargo, la clasificación más utilizada es a partir del análisis conjunto de la altura de la lámina de agua y la velocidad del flujo, estos se deben analizar para cada caso en particular y así poder conocer la forma en la que se da los procesos de inundación. También existen otras variables para la zonificación de la amenaza, como la extensión de la inundación, el tiempo efectivo de alerta y respuesta ante el evento y duración de la inundación.

A continuación, se muestra una tabla para la zonificación de la amenaza de acuerdo la Agencia Federal para Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (FEMA), categoriza la amenaza por el efecto de la combinación de la velocidad y la profundidad del flujo como Bajo, Medio, Alto, Muy Alto y Riesgo Extremo:

Categoría de la inundación	Profundidad * Velocidad (m^2/s)	Zonificación de la amenaza por inundación
Bajo	<0.2	BAJA
Medio	0.2-0.5	MEDIA
Alta	0.5-1.5	ALTA
Muy Alta	1.5-2.5	
Extrema	>2.5	

Tabla 2. Zonificación de la amenaza (FEMA).

Fuente. Adaptado de guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación del IDEAM.



Para elaborar el mapa de la zonificación de la amenaza por inundación, se debe multiplicar el ráster de velocidad del flujo y profundidades para posteriormente categorizar de acuerdo a la tabla anterior. La presente consultoría se realiza este ejercicio para cada periodo de retorno analizado, es decir, 10, 50 y 100 años.

5.2. Metodología para la evaluación y categorización de la vulnerabilidad

5.2.1. Vulnerabilidad física.

Para evaluar el riesgo, es necesario definir la vulnerabilidad como el grado de probabilidad de exposición de los elementos potencialmente expuestos a la amenaza, ya sea este generado por un fenómeno natural o antrópico.

Para este proyecto en particular se evalúan las características del elemento expuestos a la amenaza identificada, primero, el grado de exposición que hace referencia a la ubicación de la infraestructura, bienes culturales, recursos económicos, entre otras, que puedan ser afectadas por la manifestación de una amenaza, su evaluación no es más que superponer los elementos expuestos sobre la zonificación de la amenaza y determinar su exposición; segundo la fragilidad física donde se precisar el tipo de edificación a evaluar de acuerdo con los elementos.

Muchos factores pueden influenciar el daño y la pérdida de los elementos expuestos, como las diferentes prácticas constructivas, los materiales y, en el caso de terremotos, a los efectos de sitio. La relación de daño para cada intensidad de cada amenaza no corresponde a un valor único, sino que es tratada como una variable aleatoria que considera la distribución de las posibles pérdidas. En otras palabras, es necesario que cada función se defina en términos del valor esperado y la varianza, como se muestra esquemáticamente en la gráfica siguiente:

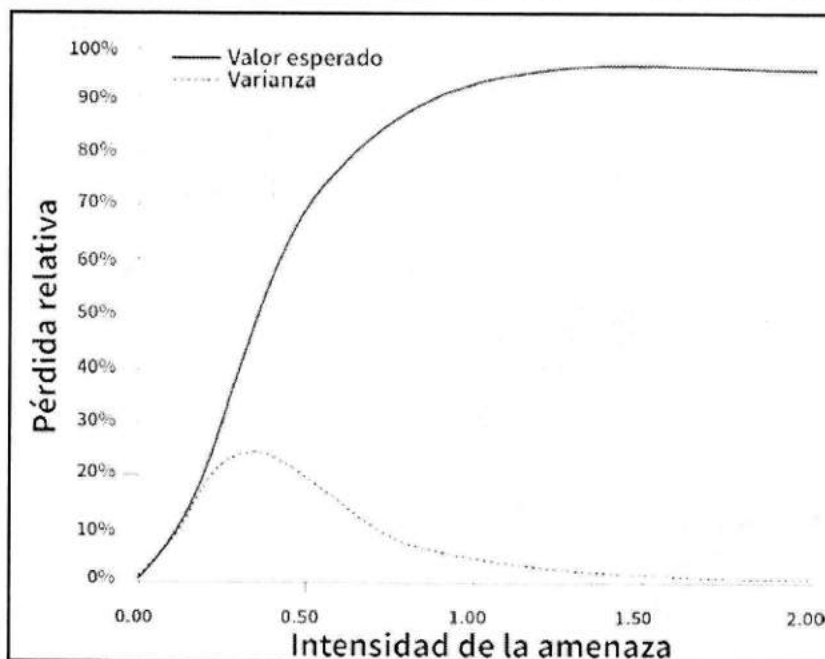


Figura 1. Función de vulnerabilidad

Fuente. Atlas de riesgo de Colombia: revelando los desastres latentes, UNGRD

Estas no solamente proporcionan una representación cuantitativa, objetiva y continua de los niveles de pérdida sino una representación probabilista. Cada función define una distribución de probabilidad de la pérdida relativa (relación de daño medio) para un activo dado como función de una intensidad de la amenaza; que al mismo tiempo se considera es la que mejor se correlaciona con el daño (Atlas de riesgo de Colombia: revelando los desastres latentes, UNGRD; 2019).

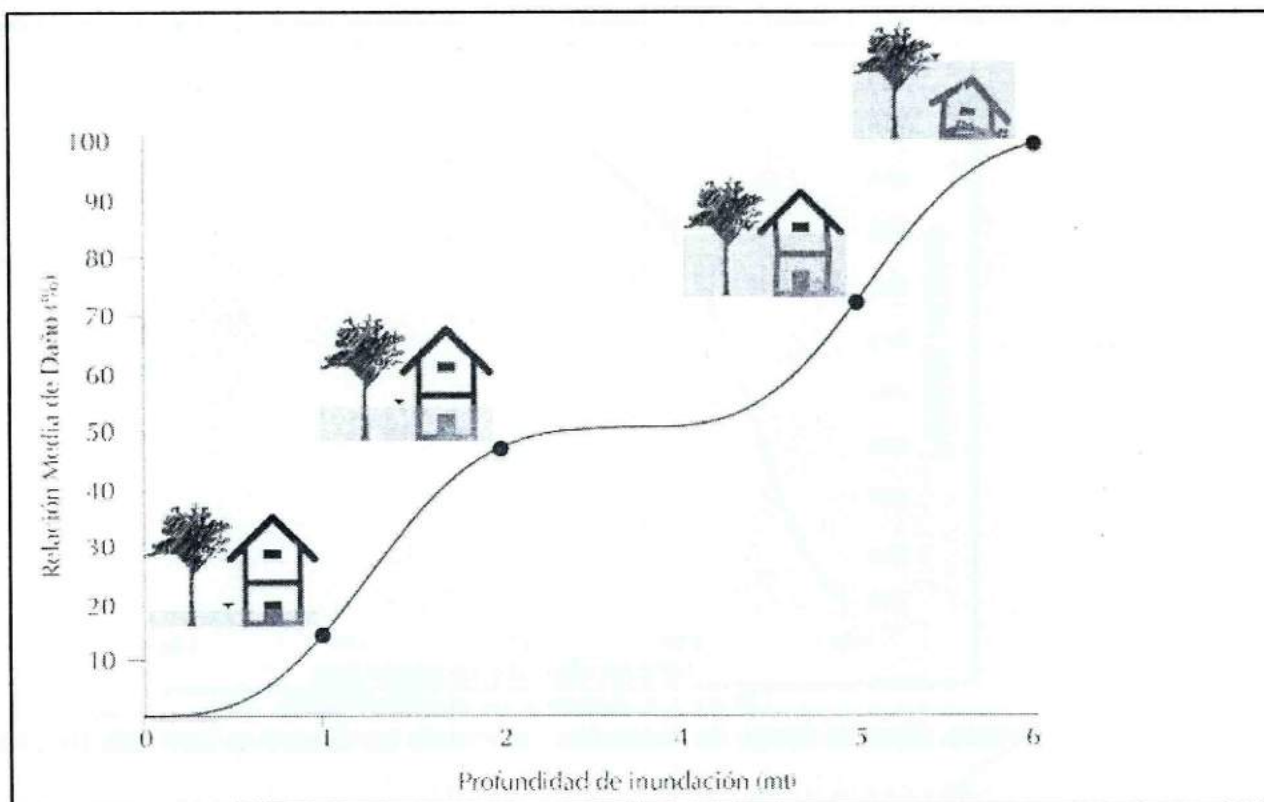


Figura 2. Función de vulnerabilidad debido a inundaciones
Fuente: Atlas de riesgo de Colombia: revelando los desastres latentes, UNGRD.

Estudios Geotécnicos y Ambientales

Tras la consulta y atendiendo a las características de la información de partida acerca de elementos expuestos con la que se ha contado, se ha seleccionado la función de vulnerabilidad que se refleja en el apartado siguiente. En el caso de vías de comunicación se han utilizado las curvas genéricas de ámbito internacional de FEMA así (BID, 2015):



Figura 3. Curva de vulnerabilidad en las vías.

Fuente. Agencia Federal para Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (FEMA).

Finalmente se presenta la categorización de la vulnerabilidad conforme con análisis de exposición, de fragilidad y de susceptibilidad de los elementos expuesto.

5.2.2. Vulnerabilidad social.

La clasificación a partir de la cual se evalúa la vulnerabilidad social es la siguiente:

VARIABLE	VALOR DE VULNERABILIDAD		
	Baja	Media	Alta
	1	2	3
Nivel de Organización	Población organizada	Población medianamente organizada	Población sin ningún tipo de organización
Participación	Participación total de la población	Escasa participación de la población	Nula participación de la población
Grado de relación entre las organizaciones comunitarias y las instituciones	Fuerte relación entre las organizaciones comunitarias y las instituciones	Relaciones débiles entre las organizaciones comunitarias y las instituciones	No existen relaciones entre las organizaciones comunitarias y las instituciones



VARIABLE	VALOR DE VULNERABILIDAD		
	Baja	Media	Alta
	1	2	3
Conocimiento comunitario del riesgo	La población tiene total conocimiento de los riesgos presentes en el territorio y asume su compromiso frente al tema	La población tiene poco conocimiento de los riesgos presentes y no tiene un compromiso directo frente al tema	Sin ningún tipo de interés por el tema

Tabla 3. Vulnerabilidad social.**Fuente: (PNUD y UNGRD , 2012).**

El nivel de vulnerabilidad social se define de acuerdo con la siguiente valoración:

VS Baja	4.00-7.00
VS Medio	7.00-10.00
VS Alto	10.00-12.00

Tabla 4. Nivel de vulnerabilidad social.**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

5.2.3. Vulnerabilidad ambiental.

La clasificación a partir de la cual se evalúa la vulnerabilidad ambiental es la siguiente:

VARIABLE	VALOR DE VULNERABILIDAD		
	Baja	Media	Alta
	1	2	3
Condiciones atmosféricas	Niveles de temperatura y/o precipitación promedio normales	Niveles de temperatura y/o precipitaciones ligeramente superiores al promedio normal	Niveles de temperatura y/o precipitaciones muy superiores al promedio normal
Composición y calidad del aire	Sin ningún grado de contaminación	Con un nivel moderado de contaminación	Alto grado de contaminación, niveles perjudiciales para la salud
Composición y calidad del agua	Sin ningún grado de contaminación	Con un nivel moderado de contaminación	Alto grado de contaminación, niveles perjudiciales para la salud
Condiciones de los recursos ambientales	Nivel moderado de explotación de los recursos naturales, ligero crecimiento de la población, nivel de	Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la	Explotación indiscriminada de los recursos naturales; incremento acelerado



VARIABLE	VALOR DE VULNERABILIDAD		
	Baja	Media	Alta
	1	2	3
	contaminación leve y no se practica la deforestación	población y del nivel de contaminación	de la población, deforestación y contaminación

Tabla 5. Vulnerabilidad ambiental.

Fuente: (PNUD y UNGRD , 2012).

El nivel de vulnerabilidad ambiental se define de acuerdo con la siguiente valoración:

VA Baja	4.00-7.00
VA Medio	7.00-10.00
VA Alto	10.00-12.00

Tabla 6. Nivel de vulnerabilidad ambiental.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

5.2.4. Vulnerabilidad económica.

La clasificación a partir de la cual se evalúa la vulnerabilidad económica es la siguiente:

VARIABLE	VALOR DE VULNERABILIDAD		
	Baja	Media	Alta
	1	2	3
Situación de pobreza y seguridad alimentaria	Población sin pobreza y con seguridad alimentaria	Población por debajo de la línea de pobreza	Población en situación pobreza extrema
Nivel de ingresos	Alto nivel de ingresos	El nivel de ingresos cubre las necesidades básicas	Ingresos inferiores para suplir las necesidades básicas
Acceso a los servicios públicos	Total cobertura de servicios públicos básicos	Regular cobertura de los servicios públicos básicos	Muy escasa cobertura de los servicios públicos básicos
Acceso al mercado laboral	La oferta laboral es mayor que la demanda	La oferta laboral es igual a la demanda	La oferta laboral es mucho menor que la demanda

Tabla 7. Vulnerabilidad económica.

Fuente: (PNUD y UNGRD , 2012).

El nivel de vulnerabilidad económica se define de acuerdo con la siguiente valoración:

VE Baja	4.00-7.00
VE Medio	7.00-10.00
VE Alto	10.00-12.00

Tabla 8. Nivel de vulnerabilidad económica.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

5.3. Metodología para evaluación del Riesgo

El riesgo es una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente. Se mide en vidas humanas, propiedades en riesgo y daños ambientales.

Una vez identificadas las amenazas (A) a las que está expuesto la zona de estudio y realizado el análisis de vulnerabilidad (V), se procede a una evaluación conjunta para calcular el riesgo (R), es decir, estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural, socio natural o antrópico. (PNUD y UNGRD, 2012)

Para el cálculo del riesgo existen diferentes métodos que permiten su análisis, por un lado, el analítico o matemático y por otro, el descriptivo.

El método analítico, llamado también matemático, se basa fundamentalmente en la aplicación o el uso de la ecuación $R = f(A, V)$, donde el riesgo se calcula en función de valores asignados a la amenaza y a la vulnerabilidad, en este proyecto se usará el método.

El criterio descriptivo se basa en el uso de una matriz de doble entrada: "Matriz de Amenaza y Vulnerabilidad" (Tabla 9. Nivel de riesgo). Para tal efecto, se requiere que previamente se hayan realizado los análisis de amenazas y los análisis de vulnerabilidad, respectivamente. Con ambos resultados se interrelaciona, por un lado (vertical) el valor y nivel estimado de la amenaza; y por otro (horizontal), el nivel de vulnerabilidad, en la intersección de ambos valores se podrá estimar el nivel de riesgo esperado. Si se determina una Amenaza Alta, con una Vulnerabilidad Alta, se observa que se cruzan en la zona de Riesgo Alto, este procedimiento se aplica de acuerdo con las características de la amenaza y la vulnerabilidad.



Amenaza Alta	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto
Amenaza Media	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Amenaza Baja	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta

Tabla 9. Nivel de riesgo
Fuente: (PNUD y UNGRD, 2012)

Al igual que la amenaza y la vulnerabilidad, el riesgo será representado en un modelo cartográfico, infiriendo cuales son las áreas con mayor riesgo ante un evento de amenaza por inundación. Luego de evaluar el riesgo por inundación en la zona de estudio se plantean obras de mitigación estructurales y no estructurales con el propósito de disminuir o mitigar el riesgo.

6 INFORMACIÓN SECUNDARIA

Como información secundaria se tienen en cuenta estudios básicos de la ciudad de Montería y la zona donde se desarrolla el proyecto.

6.1 Diagnóstico ambiental de la cuenca del río Sinú POMCA

De acuerdo con el estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge, CVS, el sector en la cual se localiza el proyecto se encuentra dentro de la categoría baja por inundación del río Sinú.

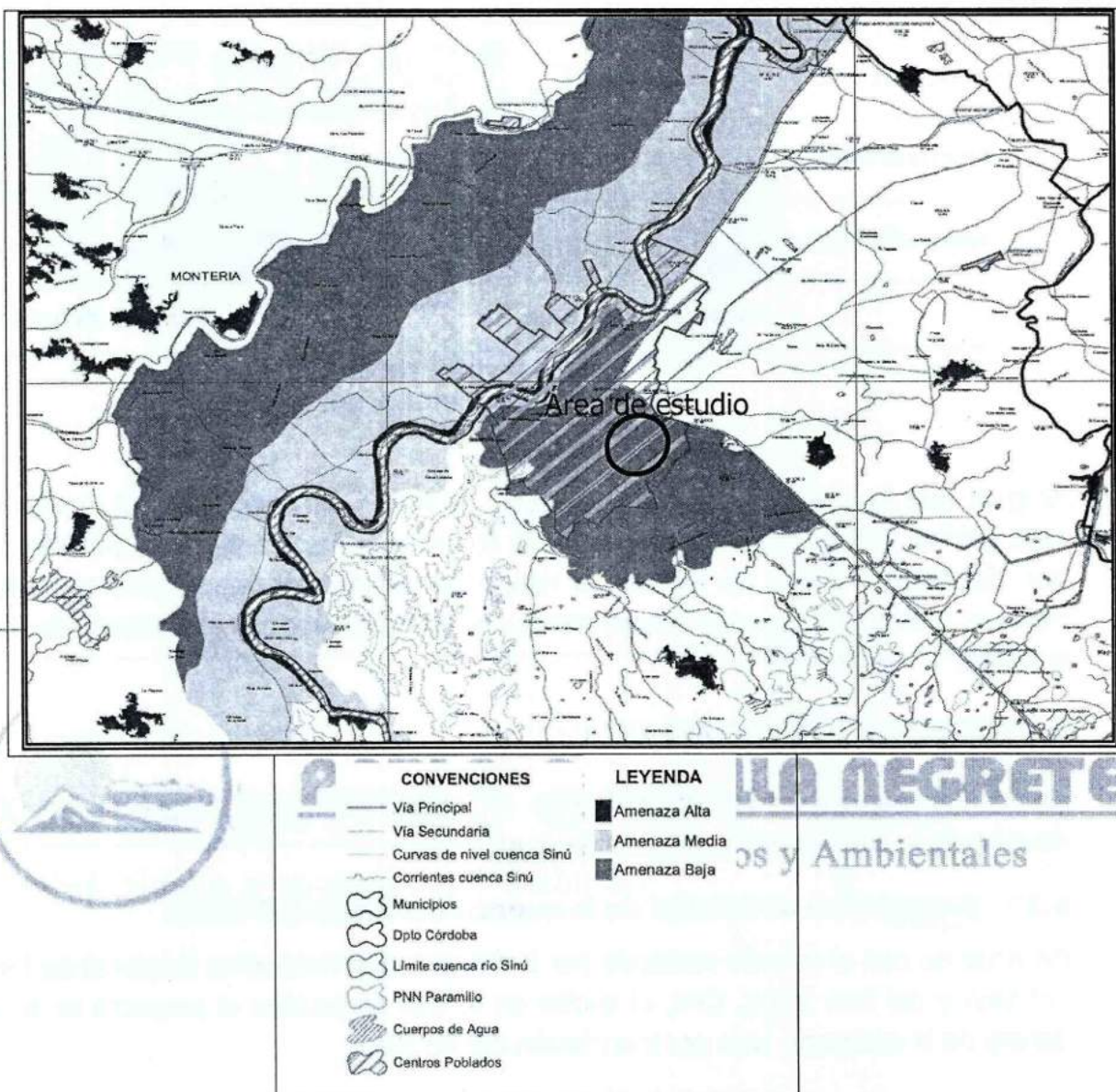


Figura 4. Zonificación de la amenaza por inundación río Sinú.
Fuente. (CVS, 2004).

Amenaza Baja: Corresponden a zonas que no se inundan por la dinámica aluvial de los ríos, ciénagas u otras fuentes de agua, sino por la acción del agua lluvia y dadas sus condiciones de baja pendiente sufren anegamientos que pueden llegar a ser importantes. Esta amenaza se encuentra asociada a la unidad de terrazas y a los niveles más bajos de las superficies de aplanamiento.

Amenaza media: corresponde a las áreas donde se pueden producir inundaciones con menor probabilidad, y no llegan a ser tan severas en profundidad ni en tiempo. esta



categoría pertenece a los valles aluvio coluviales presentando eventos de inundación en épocas de lluvias locales.

Amenaza Alta: Esta categoría corresponde a las zonas que permanecen inundadas permanentemente y/o presentan temporalidad de inundación mayor a 3 meses al año. Desde el punto de vista geomorfológico las que se ven afectadas por este nivel de amenaza se tienen: los bajos, los orillares y barras de meandro y algunos valles aluvio coluviales (CVS, Universidad EAFIT, 2013).

6.2 Plan departamental de adaptación al cambio climático

El cambio climático es la representación del clima que se observaría bajo una concentración determinada de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmosfera en las diferentes épocas futuras, por factores naturales y por las actividades humanas en el planeta, las variables que marcan estas tendencias de cambio climático, son la temperatura y la precipitación (Nuevos escenarios de cambio climático 2011-2100) (IDEAM).

El país en su conjunto estaría afectado por el Cambio Climático; sin embargo, el aumento esperado en la temperatura, así como el comportamiento de las precipitaciones no será el mismo para todas las regiones de Colombia. Esto implica que las medidas para hacer frente a posibles fenómenos extremos deben ser diferentes para cada región del territorio nacional (Nuevos escenarios de cambio climático 2011-2100) (IDEAM).

- **Escenarios de cambio climático en la temperatura para el periodo de 2011-2100**

Para el período 2011 - 2100 se espera un cambio en la temperatura media anual de 2.20°C adicionales para la mayor parte del departamento.

- **Escenario de cambio climático en la precipitación para el periodo de 2011-2100**

Para el período 2011 - 2100 se espera un cambio en la precipitación media de -10% a 10% en la mayor parte del municipio.

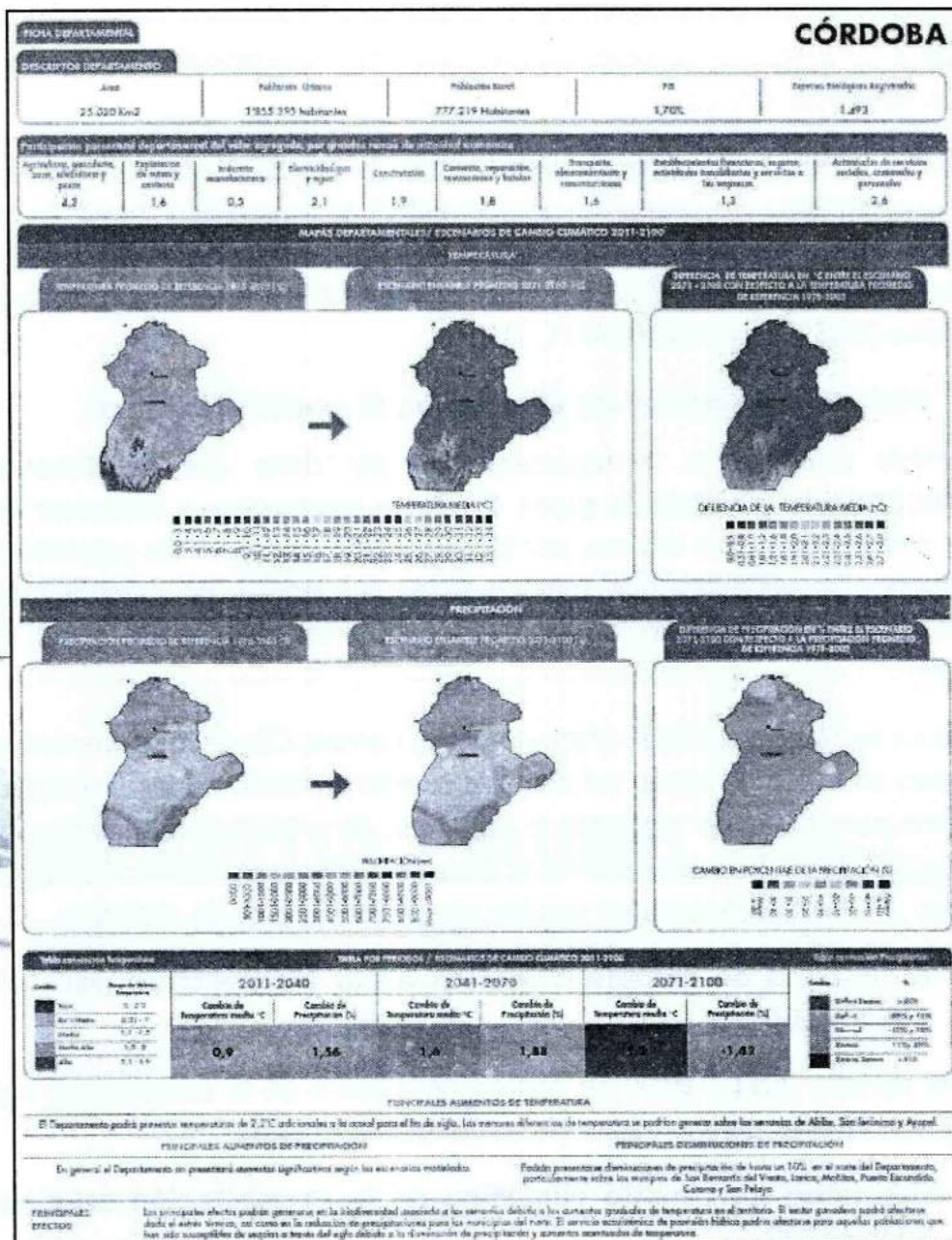


Figura 5. Ficha Departamental de variabilidad climática.
Fuente: Nuevos escenarios de cambio climático 2011-2100 (IDEAM).

Dado estos escenarios futuros para el departamento la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) en el Plan Departamental de Adaptación al Cambio Climático (2016-2027) busca generar medidas y acciones integrales en el Departamento con el fin de identificar la amenaza y vulnerabilidad climática, para lograr la caracterización de las dinámicas de los eventos y de este modo promover la articulación de los distintos sectores implicados.

6.3 Mapa de amenaza por inundación urbana del municipio de Montería

Conforme con la ubicación del área de estudio se indica la categorización de la amenaza alta, media y baja por inundación en el Plano 08-G incluido en el POT 2021, considerando que la cartografía, el análisis de amenaza y riesgo del suelo urbano se llevan a cabo en escala 1:5.000 de acuerdo con lo establecido en la legislación nacional para la fase de formulación.

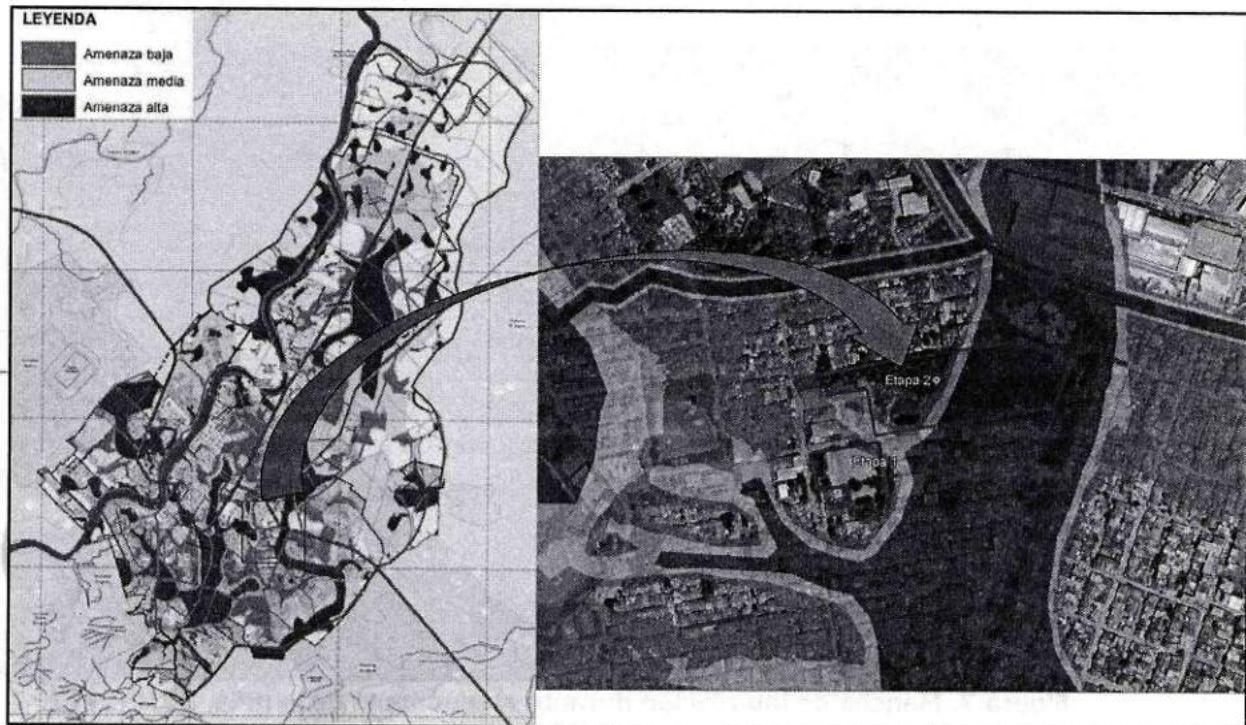


Figura 6. Amenaza por inundación urbana.
Fuente: (POT, 2021)

En la figura anterior se observa que la zona de estudio del predio se encuentra en zona de amenaza alta, media y baja por inundación.

La zona de amenaza alta está delimitada por polígonos de color rojo la cual corresponde a probabilidad de ocurrencia media de inundaciones de más de 10 cm para una creciente con periodo de retorno de 100 años y/o con recurrencia histórica alta; la zona de amenaza media delimitada con polígonos de color amarillo correspondiente a la probabilidad de ocurrencia alta de inundaciones de entre 5 y 10 cm para una creciente con periodo de retorno de 100 años y/o con recurrencia histórica media y por último la zonificación de amenaza baja describe probabilidades de ocurrencia alta de inundaciones de entre 2 y 5 cm para una creciente con periodo de retorno de 100 años y/o con recurrencia histórica baja. (POT, 2021).

6.4 Mancha de inundación del IDEAM durante el fenómeno de la niña en el año 2010.

De acuerdo con el mapa de inundación generado por el IGAG y el IDEAM para el fenómeno de la niña ocurrido en Colombia durante los años 2010-2011, los lotes del proyecto no se encuentran cercanos al área de inundación y zonas inundadas periódicamente, como se muestra en la siguiente figura:

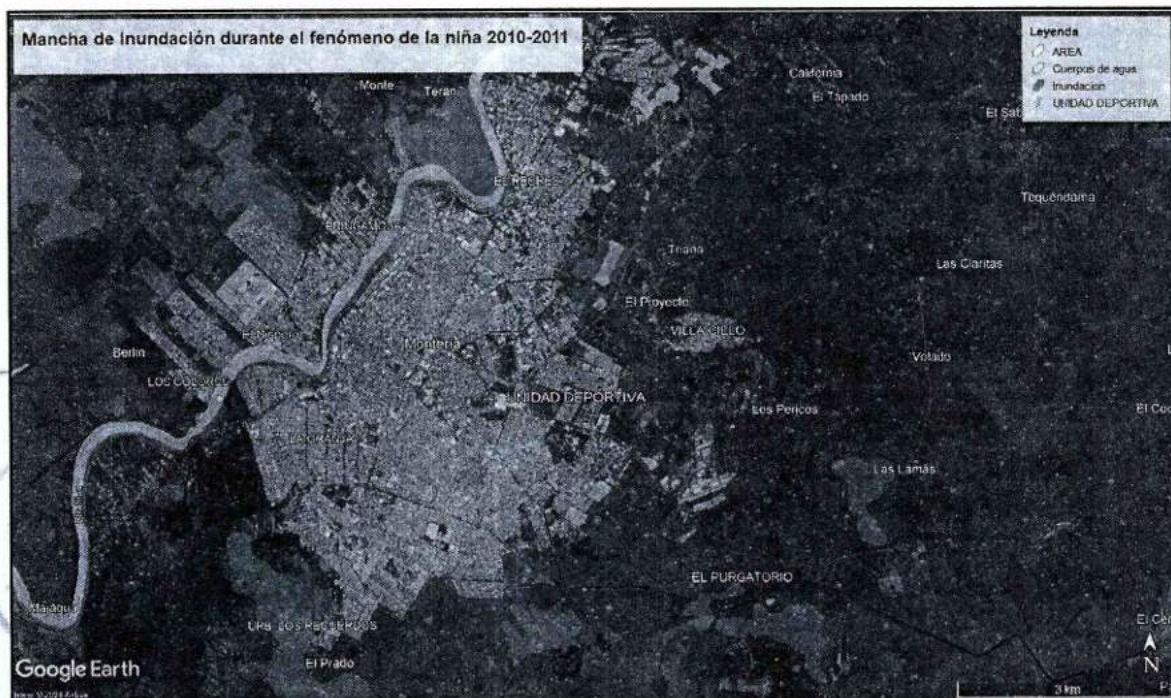


Figura 7. Mancha de inundación durante el fenómeno de la niña, 2010-2011.
Fuente. IDEAM, Google Earth.

7 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

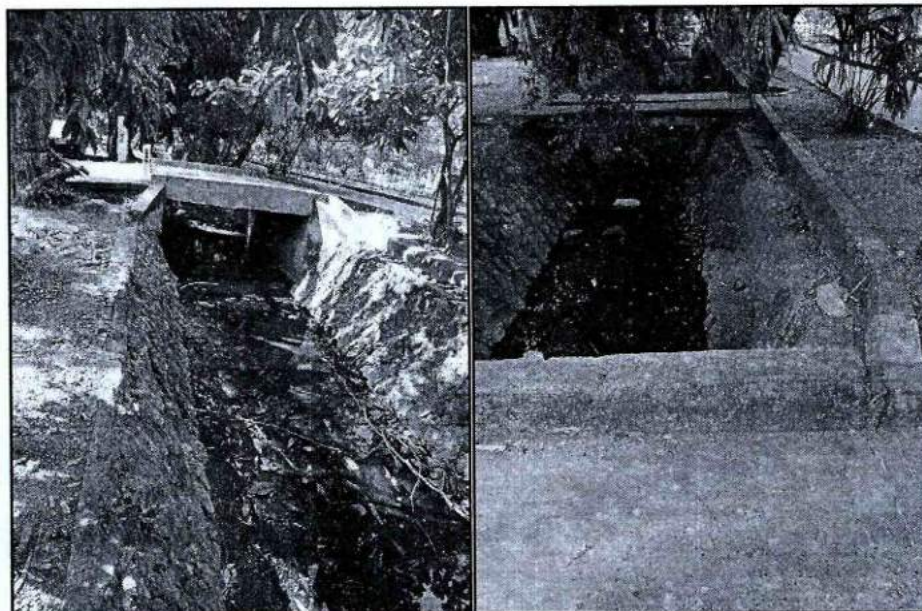
El lote objeto de estudio están ubicado de la ciudad de Montería departamento de Córdoba, las coordenadas del centro de su área, con sistema de Coordenadas Magna Colombia Origen Nacional son las siguientes: 2525169.107 N 4684246.613 E y sistema de coordenadas geográficas Latitud 8.741771 y Longitud -75.870720.

El proyecto está ubicado sobre la carrera 22c y 23 entre la carrera 29 y la calle 26, en el barrio la Pradera.



Figura 8. Área de estudio.
Fuente: Google Earth

En el lugar del proyecto se encuentra un canal de sección trapezoidal revestido en piedra pegada, sobre el cual se encuentran estructuras tipo pasos vehiculares, como se observa en el siguiente registro fotográfico.



Registro fotográfico 1. Estado actual del proyecto.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

8 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO

El municipio de Montería está situado en la zona centro del departamento de Córdoba, correspondiente a las tierras planas y ligeramente onduladas, de los valles de los ríos San Jorge y Sinú, entre las coordenadas $08^{\circ} 45' 27''$ de latitud Norte y $75^{\circ} 53' 24''$ de longitud Oeste, cubre un área total de 3141 Km².

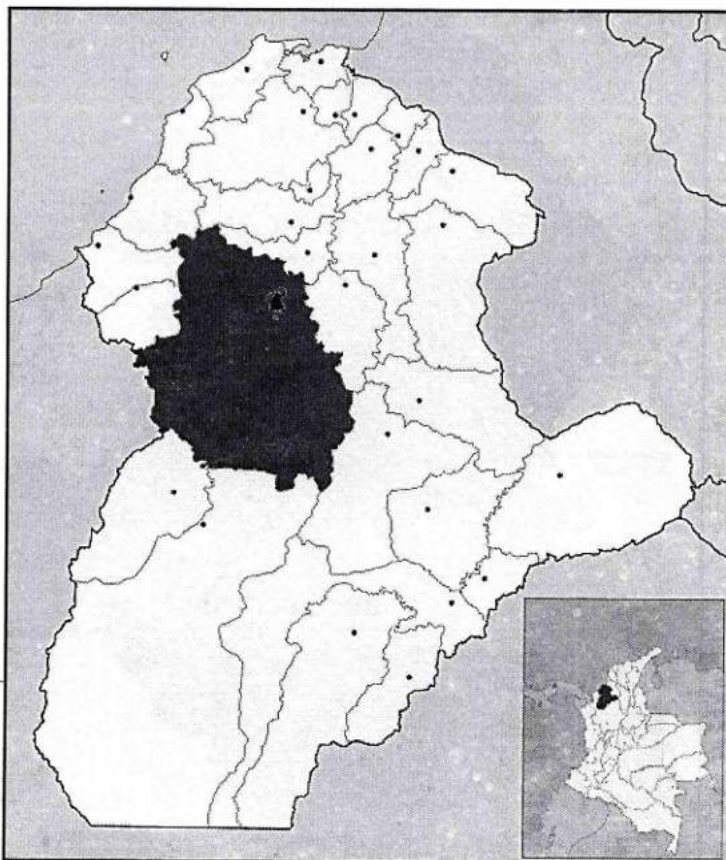


Figura 9. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba.
Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. "Montería", [En línea]. Julio de 2013, [julio de 2013]. Disponible en la web: <https://es.wikipedia.org/wiki/Monter%C3%ADa>.

Limita al Norte con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete y San Carlos, tal como se muestra en la siguiente figura:

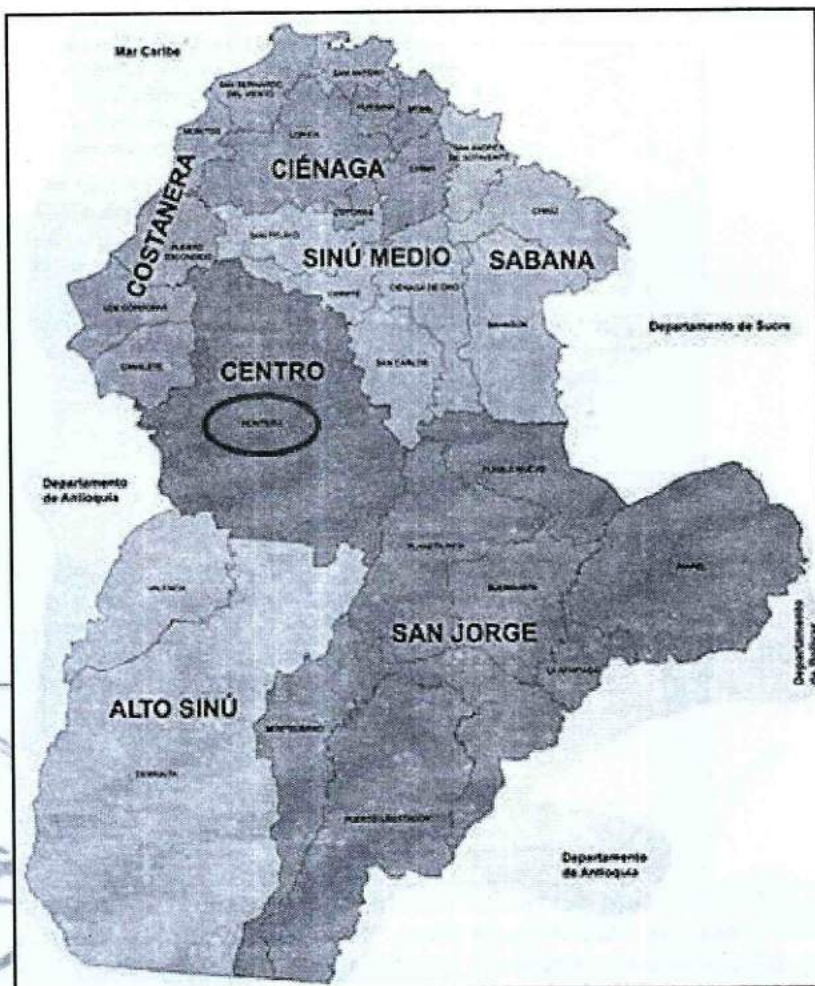


Figura 10. Mapa subregiones del departamento de Córdoba.

Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

8.1 CLIMATOLOGÍA

8.1.1 Temperatura

La temperatura máxima promedio diaria del municipio de Montería es menos de 32 °C, con un ligero aumento en los meses de febrero a abril a 34 °C. La Variación no es muy significativa, pues el 98.20% del territorio se encuentra en el piso térmico cálido, asimismo, de acuerdo con la información constatada en el atlas climatológico de Colombia, el municipio alcanza temperaturas medias anual entre 26 a 28 °C. ver siguiente figura:

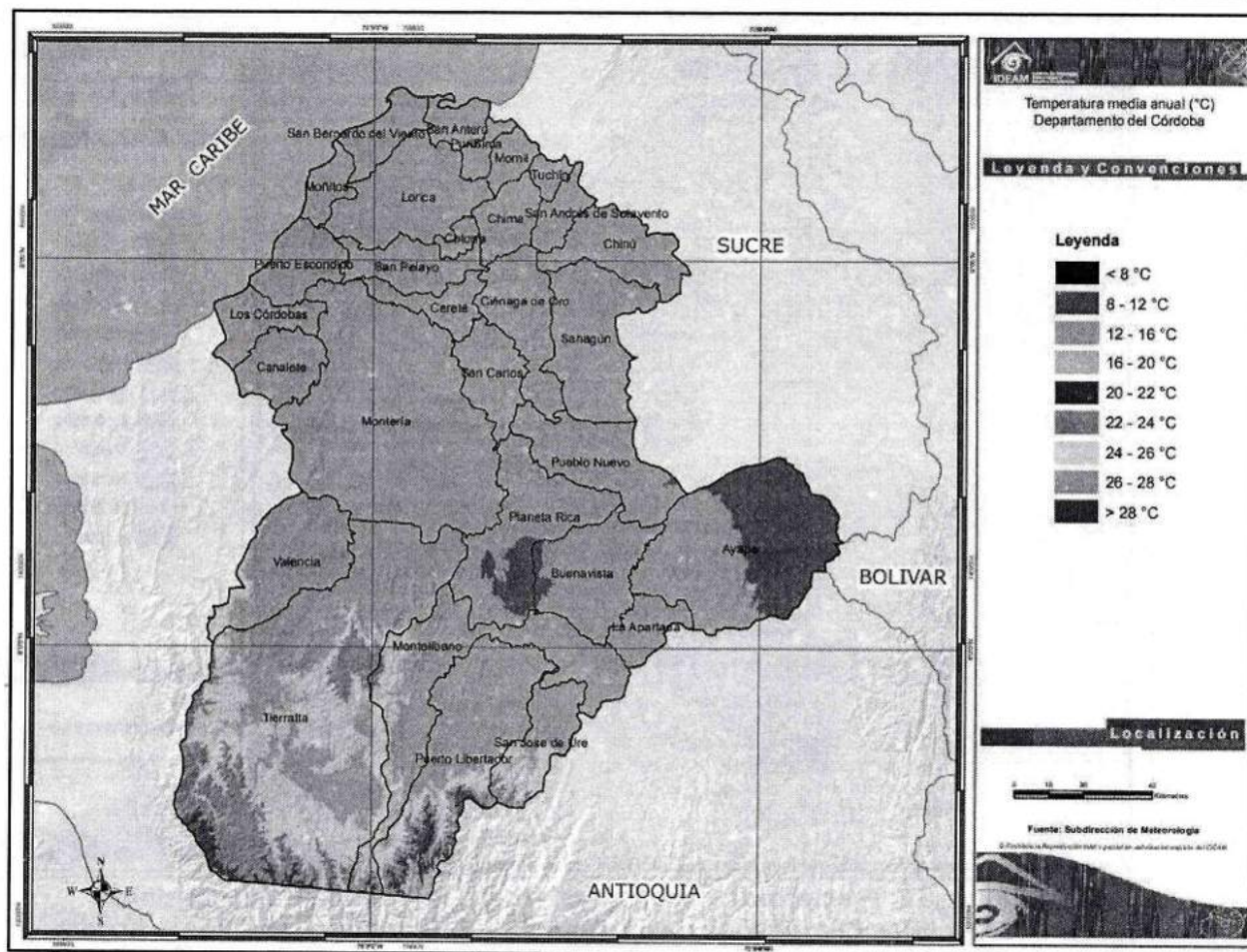


Figura 11. Temperatura media anual (°C) departamento de Córdoba

Fuente: IDEAM, Atlas Climatológico de Colombia – Interactivo – año 2015. Bogotá, D. C., 2015.

8.1.2 Precipitación

El municipio de Montería dada su fisiografía y su posición en la llanura del caribe colombiano, se localiza con respecto a los vientos provenientes del mar en una posición de sotavento ocasionando climas predominantemente secos la mayor parte del año, con una alta humedad relativa por la presencia del río Sinú y sus sistemas de ciénagas y humedales, presenta lluvias con vientos (vendavales) en épocas húmedas y unos micro relieves en las serranías de las Palomas y de San Carlos que se comportan como barloventos aumentando la nubosidad y la generación de lluvias. (IGAC, 2009)

El municipio de Montería posee una altura promedio de 18 msnm, con una precipitación total anual de 1000 a 2000 mm, tal como se muestra en la siguiente figura:

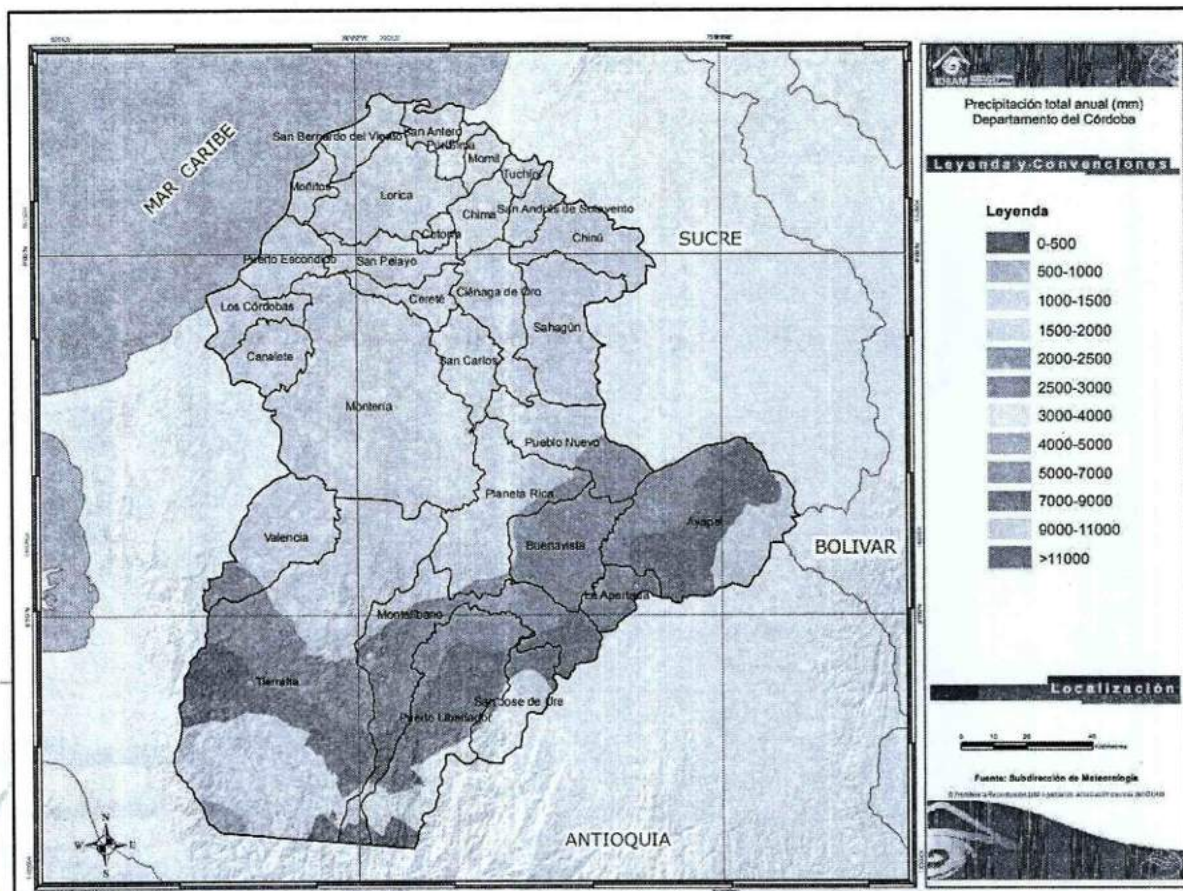


Figura 12. Precipitación total anual (mm) Departamento de Córdoba.

Fuente: IDEAM, Atlas Climatológico de Colombia – Interactivo – año 2015. Bogotá, D. C., 2015.

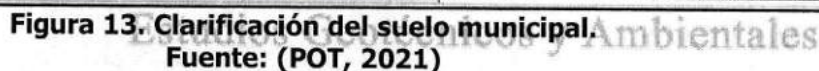
8.2 SUELOS

Conforme con el Plan de Ordenamiento Territorial de municipio de Montería 2021, el suelo municipal se clasifica en suelo urbano, rural, suburbano, y de expansión urbana, como se muestra a continuación:

Clase de suelo	Área (ha)
Suelo Rural	309.601
Suelo Urbano	4.435
Suelo de expansión	1.364
Total	315.400

Tabla 10. Clases del suelo POT

Fuente: (POT, 2021)



- **El suelo urbano** considera a aquellas áreas destinadas a la prestación de usos urbanos, aglomeración de personas y que presentan un nivel de consolidación importante caracterizado por la existencia de soportes territoriales como las redes de servicios públicos domiciliarios, un sistema de equipamientos, y un sistema de espacio público urbano y una red vial jerarquizada. (POT, 2021)
- **Suelo de expansión** está “constituido por la porción del territorio municipal destinada a la expansión urbana, que se habilitará para el uso urbano durante la vigencia del plan de ordenamiento, según lo determinen los Programas de Ejecución. La determinación de este suelo se ajustará a las previsiones de crecimiento de la ciudad y a la posibilidad de dotación con infraestructura para el sistema vial, de transporte, de servicios públicos domiciliarios, áreas libres, y parques y equipamiento colectivo de interés público o social. Dentro de la categoría de suelo de expansión podrán incluirse áreas de desarrollo concertado, a través de

8.3 GEOLOGIA

LEYENDA

[Dark Grey Box] Zona Estable o de Plataforma	[Medium Grey Box] Cinturón de Sta. Jacinta Anticuando de Sta. Jeronima
[Light Blue Box] Cinturón salicento Anticuando de Sta. Jacinta S.	[Blue Box] Cauceado Uvalde
[Very Light Blue Box] Cinturón Stato Anticuando Abasco-Las Palomas	[Dashed Line] Lineamiento o Falla
[Circle with Cross Symbol]	[Dotted Circle Symbol] Estructuras dómicas

INGEOMINAS

**Principales estructuras regionales
en el departamento de Córdoba**

Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

31

Cód.: 0524048



Geología regional depósitos aluviales (Qal). A continuación, se muestra el mapa geológico regional de la cuenca del Río Medio y Bajo Sinú.

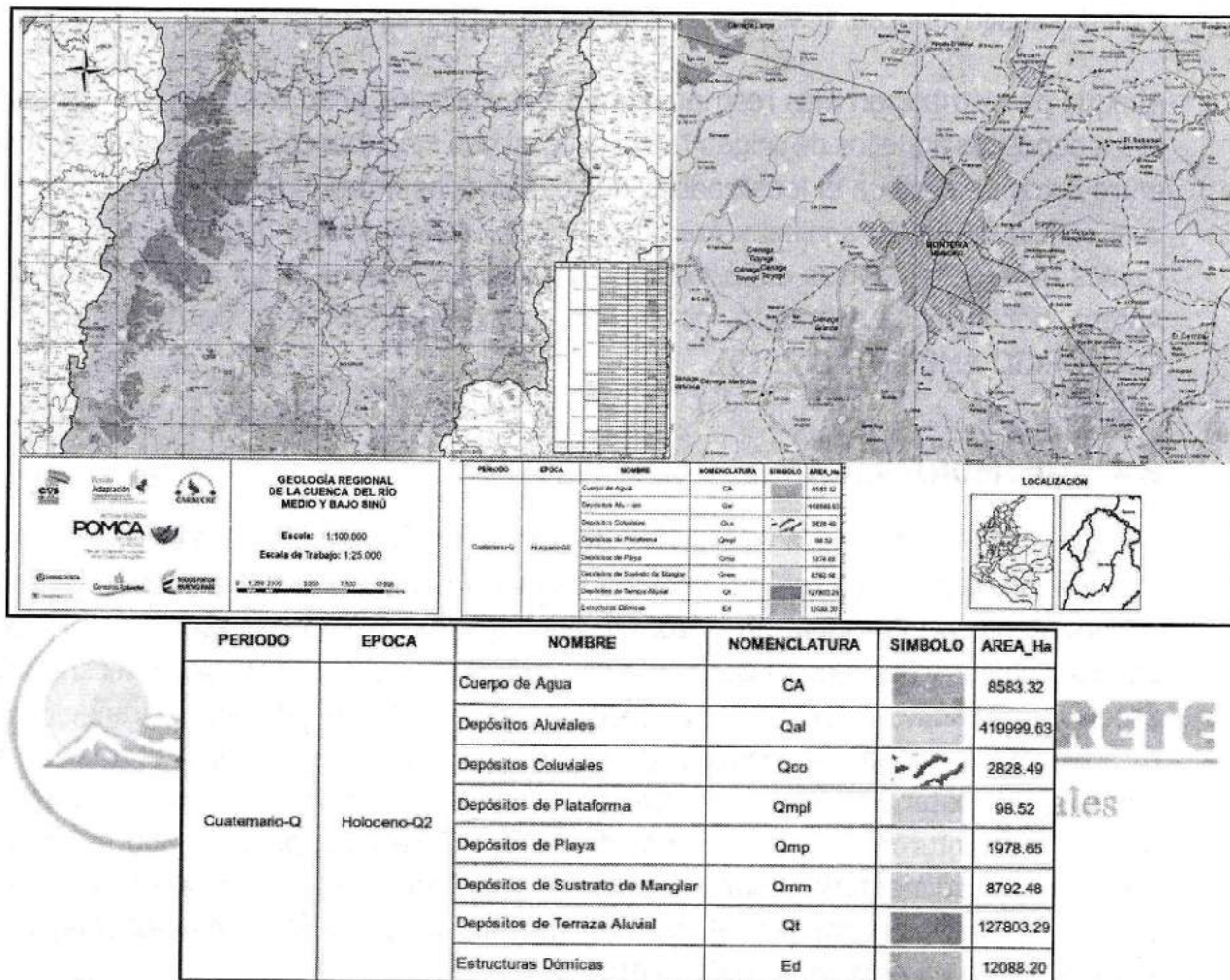


Figura 15. Mapa Geológico del lugar objeto de estudio Escala 1:25.000
Fuente: (CVS - CONSORCIO AMBIENTAL, 2019)

Las áreas a intervenir se encuentra la siguiente formación geológica:

Depósitos aluviales (Qal) constituyen acumulaciones de sedimentos y fragmentos de roca que conforman los actuales cauces, aluviones y llanuras de inundación del río Sinú y los tributarios de éste, así como los depósitos intermontanos asociados a los principales drenajes del paisaje de colinas del área. (CVS - CONSORCIO AMBIENTAL, 2019)

Los de mayor distribución son los asociados al río Sinú, en la parte central del área. La ausencia de afloramientos en los diques naturales dificulta un poco la caracterización



litológica de estos depósitos. Mediante perforaciones realizadas en algunos sectores de estos depósitos, se pudo establecer que constan, en los primeros 1,5 m superiores, de limos arcillosos pardos moteados de rojizo, arcillas limosas grises y arenas de grano fino a medio arcillo limosas. (CVS - CONSORCIO AMBIENTAL, 2019)

Aunque de distribución más restringida que los asociados al río Sinú, se han agrupado en estos depósitos aquellos de origen fluvio coluvial que se presentan en las zonas de colinas; entre éstos se destaca el localizado al sur de Coveñas entre El Porvenir y Aserradero, el cual consta de limos, arcillas y arenas con fragmentos tamaño guijo de cuarzo, chert y clastos de arenitas. Otros depósitos de este tipo localizados al sur y suroriente de San Antero, por su poca extensión, no se han cartografiado en el mapa geológico. (CVS - CONSORCIO AMBIENTAL, 2019).

8.4 GEOMORFOLOGIA

Conforme Memoria técnica explicativa del mapa geomorfológico analítico aplicado a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 61-Montería, departamento de Córdoba, en la zona predominan las geoformas asociadas a procesos denudacionales y fluviales, al Occidente y centro de la plancha se encuentran zonas planas asociadas a la actividad del río Sinú y los principales afluentes, predomina grandes llanuras de inundación, planos anegadizos y planicies en los que sobresalen cerros remantes labrados en materiales más competentes. Hacia el Oriente se encuentra la estribación oriental del Cinturón SinúSan Jacinto, donde el relieve no supera los 300 m.s.n.m., las formaciones sedimentarias están plegadas y se alinean con la tendencia regional, pero los procesos erosivos dominan el paisaje, siendo el ambiente denudacional el más representativo en esta zona. (SGC, 2016)

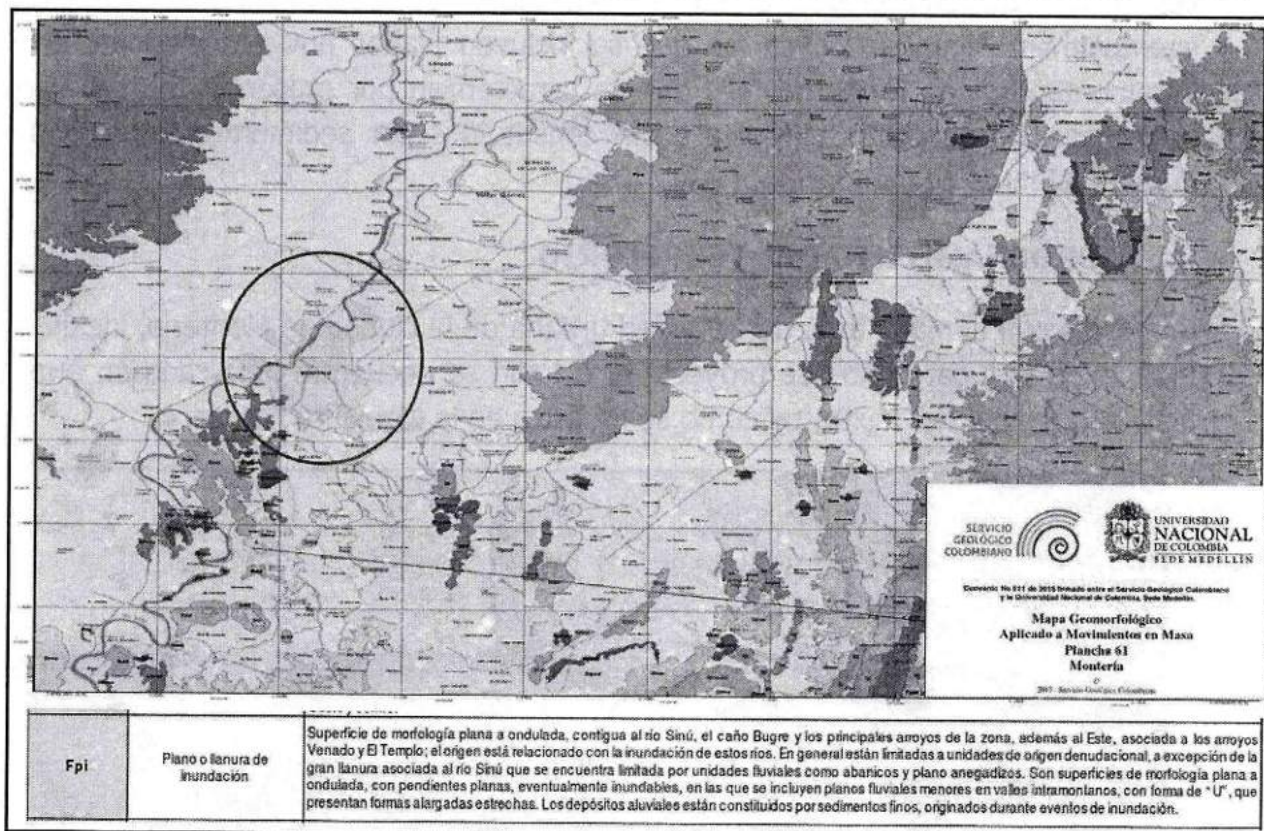


Figura 16. Mapa geomorfológico analítico aplicado a la zonificación de amenaza por movimientos en masa, escala 1:100 000, plancha 61-Montería, departamento de Córdoba. Fuente: (SGC, 2016)

El municipio de Montería se encuentra en la cuenca del río Sinú, y la dinámica de los procesos de inundación está asociado fundamentalmente a este río. El río transcurre por la zona central del municipio generando un Valle muy amplio de fondo plano a irregular. En la zona de estudio se identificaron tres de unidades geomorfológicas principales o de gran paisaje, de las cuales surge una división en unidades de paisaje y éstas a su vez se subdividen en la unidad de subpaisaje, teniendo como base para su clasificación sus principales características morfológicas como tipo de pendiente, longitud, forma y ubicación. (CVS - CONSORCIO AMBIENTAL, 2019)

El casco urbano por su parte, está localizado sobre la unidad geomorfológica de origen fluvial y lagunar plano o llanura de inundación (Fpi), Superficie de morfología plana a ondulada, contigua al río Sinú, el caño Bugre y los principales arroyos de la zona (cuenca del río Sinú), además al Este, asociada a los arroyos Venado y El Templo (Figura 31); el origen está relacionado a la inundación de estos ríos. En general están limitadas a unidades de origen denudacional, a excepción de la gran llanura asociada al río Sinú que se encuentra limitada por unidades fluviales como abanicos y plano anegadizos. Son

superficies de morfología plana a ondulada, con pendientes planas (0° - 2°), eventualmente inundables, en las que se incluyen planos fluviales menores en valles intramontanos, con forma de "U", que se caracterizan por presentar formas alargadas estrechas. Los depósitos aluviales están constituidos por sedimentos finos, originados durante eventos de inundación. (SGC, 2016)

8.5 ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO

Conforme con el mapa área de actividad urbana de la ciudad de Montería, incluido en el POT 2021, el lugar donde se proyecta el estudio se encuentra localizado en el área de actividad residencial mixto, tal como se muestra en la siguiente figura:

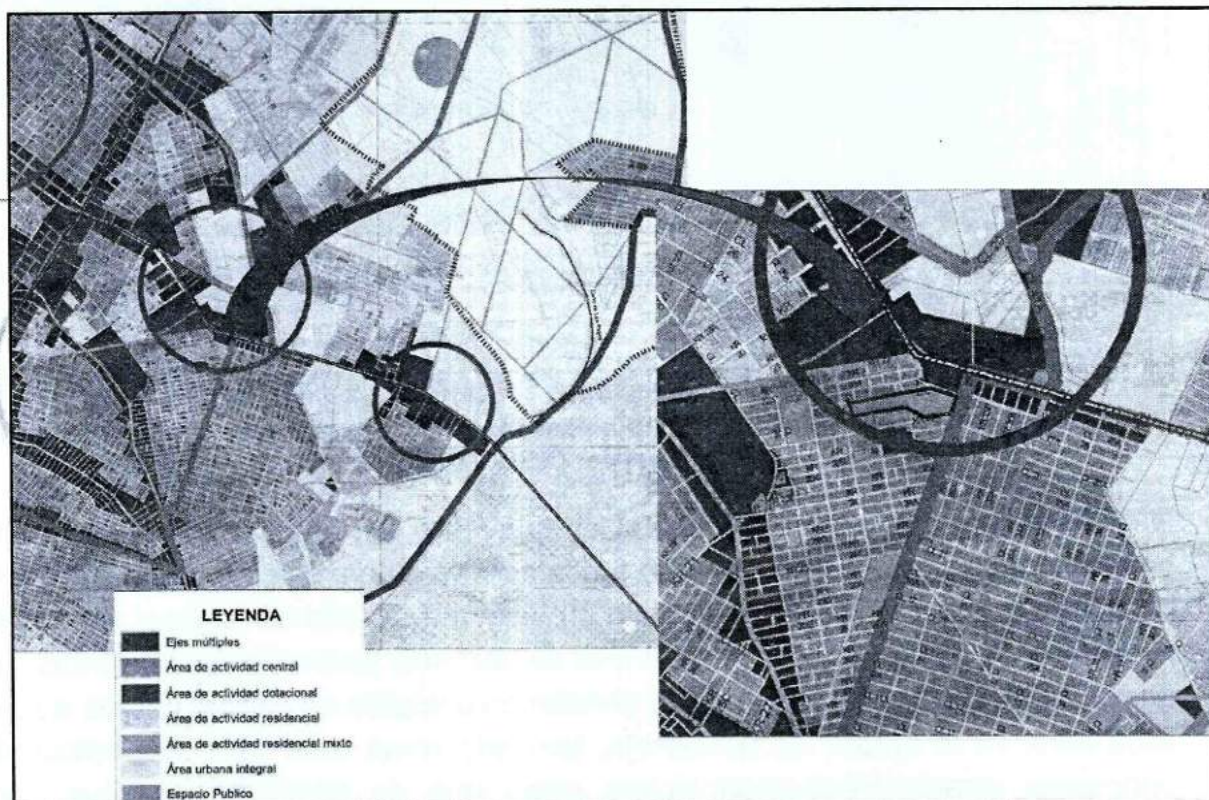


Figura 17. Mapa de área de actividad urbana del municipio de Montería.
Fuente. (POT, 2021)

9 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo el Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial de la ciudad de Montería, suscrito entre FONADE y el CONSORCIO IEH GRUCON – C.I.C MONTERIA 2004 en noviembre de 2003, se evidencia que el canal cercano al área de estudio hace parte del drenaje pluvial del municipio.



Con base en la información recopilada de estudios previos, la visita al terreno y los testimonios de la comunidad en el área de interés, se ha constatado que la zona objeto de este estudio no ha experimentado eventos de desbordamiento del canal Canta Claro. Sin embargo, se ha manifestado por los habitantes los eventos de encharcamientos causados por aguas pluviales en la infraestructura hidráulica ubicada en la intersección de la carrera 23 con carrera 29, carrera 25 con carrera 29 y calle 26 con carrera 25.



Figura 18. Localización de la fuente de amenaza.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.



EGRETE
Ambientales



ID	Localización	Fotografía	Descripción
Punto 1	Carrera 23 con carrera 29		Box culvert con dimensiones de 3.10 m de ancho y 0.40 de profundidad.
			



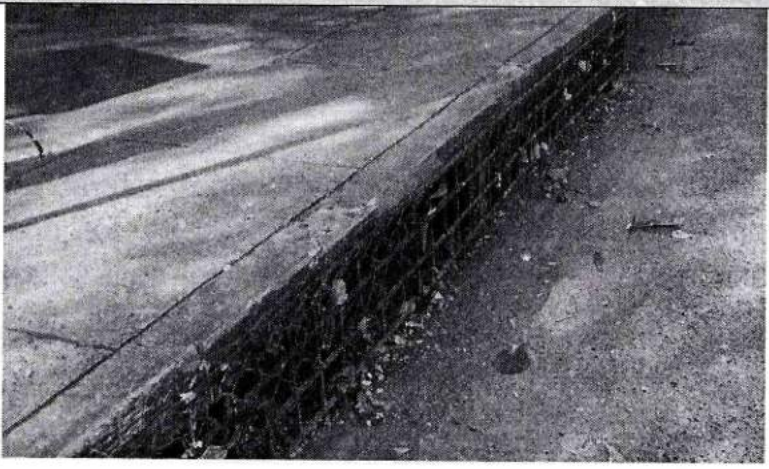
ID	Localización	Fotografía	Descripción
Punto 2	Carrera 25 con carrera 29		Box culvert con dimensiones de 4.30m de ancho y 0.35 m de profundidad
Punto 3	Calle 26 con carrera 25		Box culvert con dimensiones de 4.00m de ancho y 1.00 m de profundidad

Tabla 11. Estructuras hidráulicas que generan escenarios de estancamiento de agua pluvial
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

10 ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN DEL RIESGO

La gestión del riesgo es considerada un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

Artículo 1° "Ley 1523 de 2012"



10.1 CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se presentan una serie de conceptos necesarios para la comprensión y desarrollo del tema.

10.1.1 Amenaza

Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. (ley 1253, 2012)

10.1.2 Elementos Expuestos

Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por manifestación de una amenaza (UNGRD, 2015).

10.1.3 Riesgo

Daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos (UNGRD, 2015).

10.1.4 Riesgo De Desastre

Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un periodo de tiempo específico que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad (UNGRD, 2015).

10.1.5 Vulnerabilidad

Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos, de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos (UNGRD, 2015).



11 ANÁLISIS DETALLADO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.

11.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR.

Para la elaboración del Modelo de Elevación Digital a escala 1:2.000, teniendo la topografía del sector, se utiliza el programa ArcGIS, el cual permite exportar archivos DEM desde una superficie creada a partir de los puntos topográficos.

El plano topográfico en archivo con extensión .DWG con sistema de amarre: MAGNA SIRGAS ÉPOCA 2018, COORDENADAS PLANAS GAUSS-KRUGGER Colombia- origen oeste, Lat:4° 35' 46.3316" N Long: 77° 04' 39.02797" W. Falso Origen Cartesiano (m) 1.000.000E 1.000.000N; se encuentra en los anexos del presente informe.

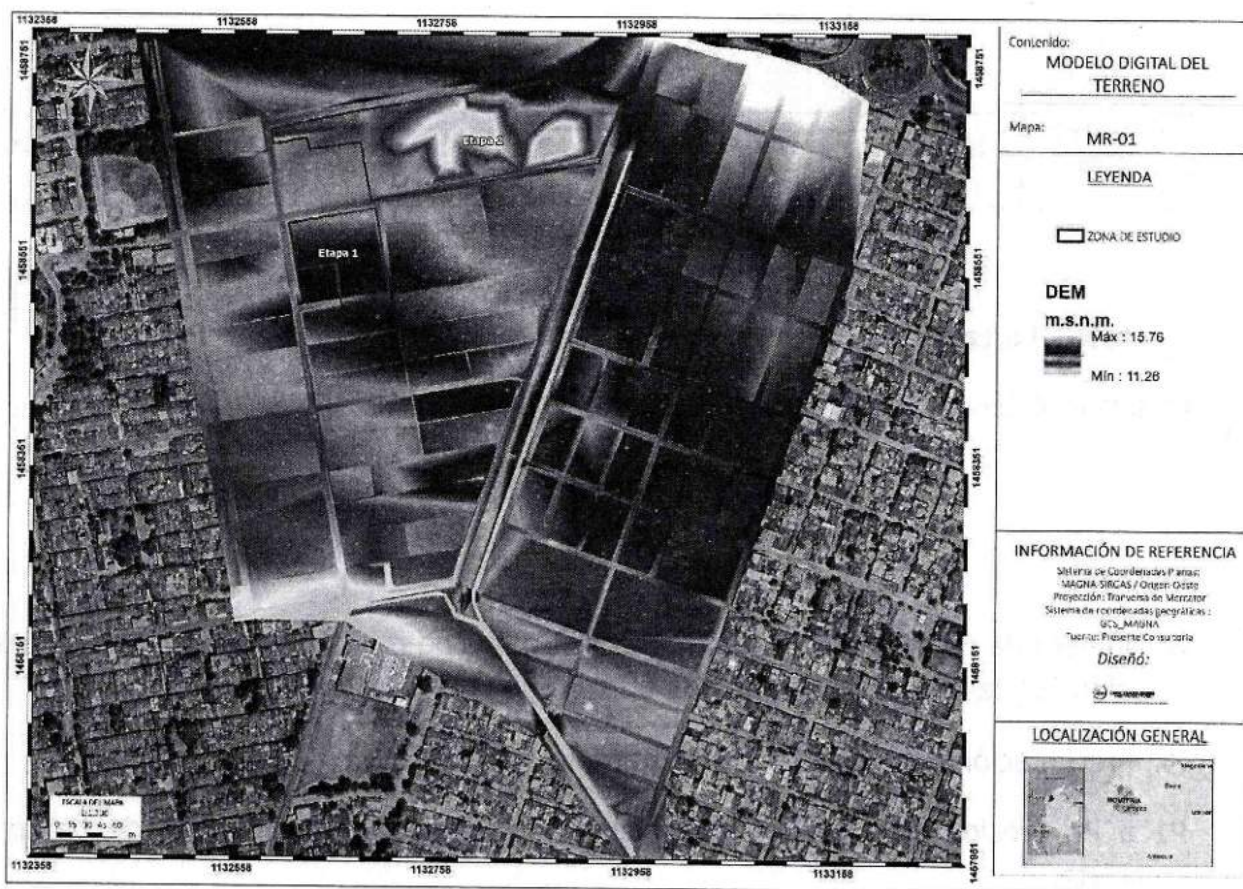


Figura 19. Modelo de elevación digital del canal y área de estudio.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

De acuerdo con el levantamiento topográfico suministrado, el cual incluye la batimetría de los canales mencionados anteriormente, las cotas del terreno en el lote de estudio varían entre 11.26 y 15.76 m.s.n.m.

11.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

Para realizar el análisis hidrológico de la zona, se han utilizado los valores de precipitación mensual de las estaciones Sabanal, Aeropuerto Los Garzones y Bocas de la Ceiba.

- **Análisis de la calidad de los datos o validación estadística.**

Para la revisión de la calidad de los datos se utilizará la información obtenida de 3 estaciones antes mencionadas.

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	CÓDIGO	COORDENADAS	TIPO	CORRIENTE	FECHA DE INSTALACIÓN	ELEVACIÓN (msnm)
Sabalal	13070280	0846 N, 7548 W	PM	SINÚ	Jun - 1978	10
Aeropuerto Los Garzones	13035501	0849 N, 7549 W	SS	CAÑO BUGRE	Feb - 2015	20
Bocas de la Ceiba	13070070	0849 N, 7551 W	PM	SINÚ	Ene - 1970	20

Tabla 12. Estaciones pluviométricas.

Elaborado por la presente consultoría.

- **Datos Faltantes**

Para completar los datos faltantes, se emplea la siguiente formulación:

$$Px = 1/n \left[\left(\frac{Nx}{N1} \right) P1 + \left(\frac{Nx}{N1} \right) P2 + \dots + \left(\frac{Nx}{Nn} \right) Pn \right]$$

En donde:

N: Número de Estaciones pluviométricas con datos de registros continuos- cercanas a la estación "x", la cual será completada en su registro.

Px: Precipitación de la estación "x" durante el periodo de tiempo por completar.

P1 a Pn Precipitación de las estaciones 1 a la n durante el periodo de tiempo por completar.

Nx: Precipitación media Anual a nivel multianual de la estación "x".

N1 a Nn: Precipitación media anual a nivel multianual de las estaciones 1 a n.



Para el caso de las estaciones empleadas se descartan los años con exceso de datos faltantes.

• **Análisis de Doble Masa.**

Para el estudio se utilizó el método de doble masa, este método se aplica para determinar la consistencia de la información de precipitación obtenida, y considera que, para zonas meteorológicas homogéneas, los valores de precipitación obtenidos en diferentes puntos (estaciones), para un mismo periodo anual, deben guardar una relación de proporcionalidad que se pueda representar gráficamente. Su metodología se describe a continuación paso a paso:

- Se selecciona el período en común de información del grupo de estaciones utilizadas para el estudio.
- Se determina la precipitación anual para cada estación; estimando los datos faltantes si los tienen.
- Los valores de precipitación anual se deben acumular en orden cronológico, a partir del año más antiguo en común de las 3 estaciones, hasta el más reciente, en este caso son 1979 y 2023, respectivamente.
- Se grafican los valores de las precipitaciones acumuladas de cada estación, para determinar la estación patrón.
- Si los puntos en la gráfica presentan una sola tendencia, es decir, si se puede trazar por ellos una recta sin quiebres, significa que la estadística es consistente.
- Si los puntos presentan quiebres o mucha dispersión, la estadística no es consistente y se debe proceder a su corrección o eliminación.

En la siguiente tabla se presenta la precipitación anual para cada estación y su precipitación anual acumulada:

ANÁLISIS DE DOBLE MASA						
AÑO	SABANAL		BOCA DE LA CEIBA		AEROPUERTO LOS GARZONES	
	TOTAL (mm)	TOTAL ACUMULADO (mm)	TOTAL (mm)	TOTAL ACUMULADO (mm)	TOTAL (mm)	TOTAL ACUMULADO (mm)
1979	1237	1237	2217	2217	1288	1288
1980	1163	2400	1363	3580	887	2175
1981	2046	4446	2060	5640	1609	3784
1982	1349	5795	1712	7352	1287	5070
1984	1232	7027	1303	8655	1196	6266
1985	1120	8146	1247	9902	1111	7377
1986	1092	9238	1175	11076	1428	8805
1987	1411	10649	1648	12724	1239	10043



ANÁLISIS DE DOBLE MASA						
AÑO	SABANAL		BOCA DE LA CEIBA		AEROPUERTO LOS GARZONES	
	TOTAL (mm)	TOTAL ACUMULADO (mm)	TOTAL (mm)	TOTAL ACUMULADO (mm)	TOTAL (mm)	TOTAL ACUMULADO (mm)
1988	1762	12411	1804	14528	1292	11335
1989	1627	14038	1654	16182	1411	12746
1990	1383	15421	1333	17515	1226	13972
1991	1067	16488	1335	18850	1245	15217
1992	980	17469	1138	19988	1262	16479
1993	1426	18895	1358	21346	1670	18149
1994	1517	20412	1702	23048	1382	19531
1995	1279	21691	1243	24291	1630	21161
1996	1457	23148	1467	25758	1047	22208
1997	1175	24323	1106	26864	1455	23664
1998	1264	25587	1417	28281	811	24475
2000	1204	26791	1178	29459	1112	25587
2001	1289	28080	1066	30525	800	26387
2002	1098	29178	952	31477	1240	27627
2003	1857	31035	1311	32788	1425	29052
2005	1578	32613	1495	34283	1386	30439
2006	1680	34293	1351	35634	1251	31690
2007	1373	35666	1346	36980	1628	33318
2008	1680	37346	1571	38551	1452	34770
2009	1397	38743	1216	39767	1699	36469
2010	1646	40389	1592	41359	1587	38056
2011	1638	42027	1452	42811	1373	39429
2012	1584	43611	1032	43842	1171	40600
2013	1192	44803	1432	45274	1125	41725
2014	1199	46002	1036	46311	1275	43000
2015	1156	47158	1195	47505	1046	44046
2016	1319	48477	1576	49081	1145	45192
2017	1420	49897	1688	50769	1167	46359
2018	1230	51127	1582	52351	1078	47438
2019	997	52124	1632	53983	1505	48943
2020	1369	53493	1485	55468	1234	50177
2021	1592	55085	1597	57064	1325	51502
2022	1646	56731	1436	58500	1190	52691
2023	1046	57777	1436	59936	1285	53976

Tabla 13. Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas, Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba.

Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM.

Módulo pluviométrico: A continuación, se presentan los módulos pluviométricos anuales de las estaciones, entendiéndose por "módulo pluviométrico anual de una estación" al promedio aritmético de las precipitaciones anuales registradas.



Se toman los datos comprendidos entre los años 1979 y 2023, el cual es el periodo en común para las estaciones.

Estación	Sabanal	Aeropuerto Los Garzones	Bocas de la Ceiba
Módulo pluviométrico (mm)	1375.64	1427.05	1285.15

Tabla 14. Módulos Pluviométricos Anuales.

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Determinado con la siguiente formula:

$$\text{Valor promedio} = \frac{\sum P}{n}$$

Dónde:

P: Módulos pluviométricos de las diferentes estaciones.

N: Número de módulos que se tomaran para hacer el promedio.

El valor promedio de los módulos pluviométricos es 1362.62 mm

Si el módulo pluviométrico de una estación no difiere en más del 10% de cualquier otra estación, se asumen como representativos los datos obtenidos y se puede proceder a la realización de los análisis posteriores.

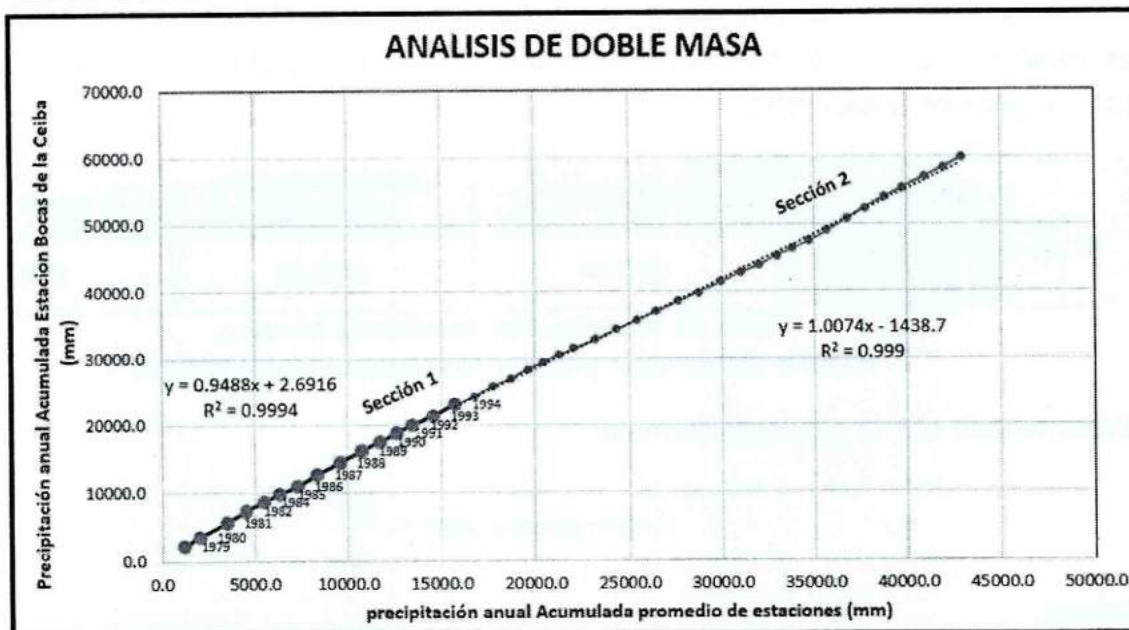
Variación con respecto al promedio	Sabanal	Aeropuerto Los Garzones	Boca de la Ceiba
	0.96%	4.73%	-5.69%

Tabla 15. Variación de los módulos pluviométrico con respecto al promedio.

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Para la realización de los cálculos posteriores se ha escogido la estación Boca de la Ceiba, teniendo en cuenta que es la que registra los mayores valores de precipitación media anual y es la estación con menos datos faltantes de las 3 analizadas.

A continuación, se presenta la gráfica de la precipitación anual acumulada para la estación evaluada (Boca de la Ceiba) contra la precipitación anual acumulada de las 3 estaciones de referencia de la región:



Gráfica 1. Verificación de la homogeneidad de datos pluviométricos: Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba.

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Se aprecia una diferencia de pendientes en la intersección del año 1993, por lo cual se dividen dos secciones en la gráfica lineal y se evalúan las pendientes de tales secciones para hacer el respectivo ajuste de datos. En el ajuste de datos se obtienen los siguientes resultados:

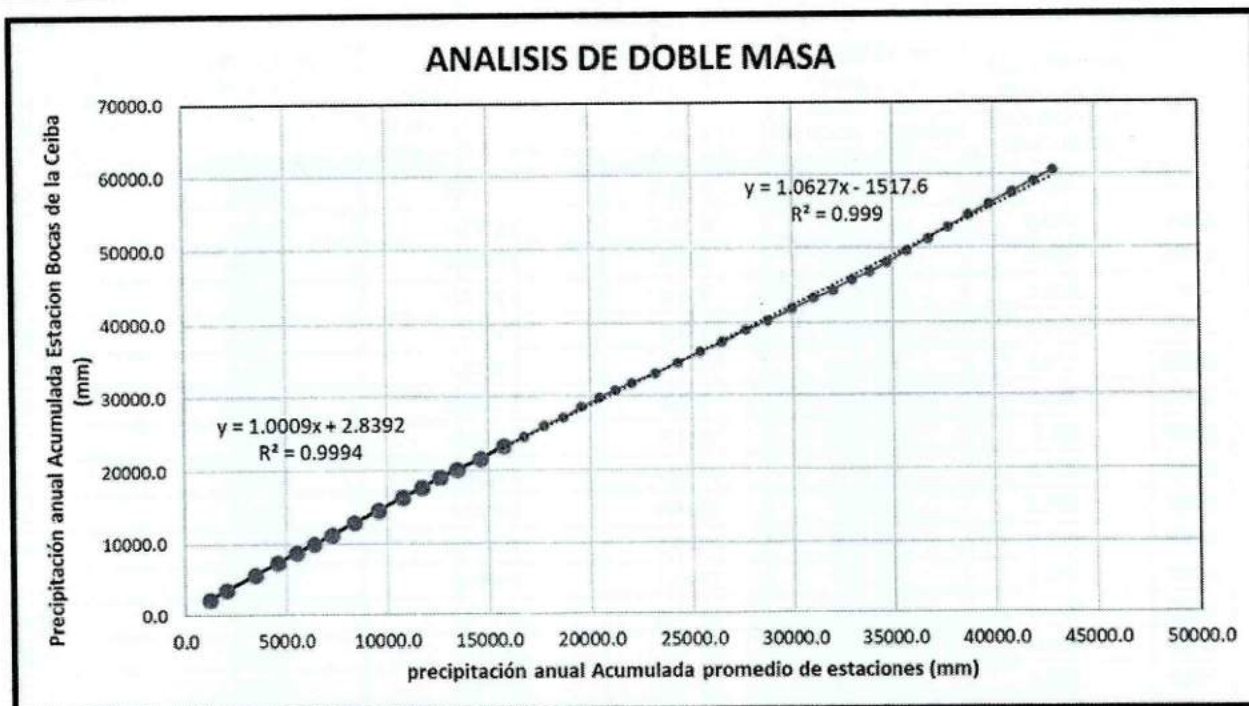
Año	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba	Precipitación promedio total anual de las tres estaciones	Precipitación promedio total anual acumulada de las tres estaciones	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba ajustado	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba ajustado
1979	2217.0	2217.0	1185.6	1185.6	2239.4	2239.4
1980	1363.0	3580.0	853.2	2038.7	1376.8	3616.2
1981	2059.5	5639.5	1428.5	3467.2	2080.3	5696.5
1982	1712.0	7351.5	1086.9	4554.1	1729.3	7425.8
1984	1303.0	8654.5	932.8	5486.8	1316.2	8741.9
1985	1247.0	9901.5	869.4	6356.2	1259.6	10001.5
1986	1174.5	11076.0	923.5	7279.7	1186.4	11187.9
1987	1648.3	12724.3	1074.5	8354.2	1664.9	12852.8
1988	1803.8	14528.1	1214.3	9568.6	1822.0	14674.8
1989	1654.0	16182.1	1173.0	10741.6	1670.7	16345.6
1990	1332.8	17514.9	985.5	11727.1	1346.2	17691.8
1991	1335.0	18849.9	911.8	12638.9	1348.5	19040.3
1992	1138.0	19987.9	845.1	13484.0	1149.5	20189.8
1993	1358.0	21345.9	1113.4	14597.4	1371.7	21561.5



Año	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba	Precipitación promedio total anual de las tres estaciones	Precipitación promedio total anual acumulada de las tres estaciones	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba ajustado	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba ajustado
1994	1702.0	23047.9	1150.4	15747.8	1719.2	23280.7
1995	1243.0	24290.9	1038.0	16785.7	1255.6	24536.2
1996	1467.0	25757.9	992.8	17778.5	1481.8	26018.1
1997	1106.0	26863.9	934.1	18712.6	1117.2	27135.2
1998	1417.0	28280.9	873.1	19585.7	1431.3	28566.6
2000	1178.0	29458.9	873.4	20459.1	1189.9	29756.5
2001	1066.0	30524.9	788.8	21247.8	1076.8	30833.2
2002	952.0	31476.9	822.6	22070.4	961.6	31794.8
2003	1311.0	32787.9	1148.3	23218.7	1324.2	33119.1
2005	1495.0	34282.9	1114.9	24333.7	1510.1	34629.2
2006	1351.0	35633.9	1070.5	25404.1	1364.6	35993.8
2007	1346.0	36979.9	1086.7	26490.9	1359.6	37353.4
2008	1571.0	38550.9	1175.8	27666.7	1586.9	38940.3
2009	1216.0	39766.9	1078.0	28744.7	1228.3	40168.6
2010	1592.0	41358.9	1206.3	29950.9	1608.1	41776.7
2011	1452.0	42810.9	1115.8	31066.8	1466.7	43243.3
2012	1031.6	43842.4	946.6	32013.3	1042.0	44285.3
2013	1431.8	45274.3	937.2	32950.5	1446.3	45731.6
2014	1036.3	46310.6	877.6	33828.1	1046.8	46778.4
2015	1194.8	47505.4	849.3	34677.3	1206.9	47985.3
2016	1575.7	49081.1	1010.0	35687.4	1591.6	49576.9
2017	1687.5	50768.6	1068.7	36756.1	1704.5	51281.4
2018	1582.0	52350.6	972.6	37728.7	1598.0	52879.4
2019	1632.0	53982.6	1033.6	38762.3	1648.5	54527.9
2020	1485.0	55467.6	1021.9	39784.2	1500.0	56027.9
2021	1596.6	57064.2	1128.4	40912.6	1612.7	57640.6
2022	1436.0	58500.2	1068.0	41980.6	1450.5	59091.1
2023	1436.0	59936.2	941.8	42922.4	1450.5	60541.6

Tabla 16. Análisis de dobles masas.**Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.**

Se grafica la precipitación total anual acumulada de la estación Boca de la ceiba ajustado con la precipitación promedio total anual acumulada de las tres estaciones de referencia obteniéndose el siguiente resultado:



Gráfica 2. Verificación de la homogeneidad de datos pluviométricos ajustados: Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba.

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Se aprecia la homogeneidad y similitud en la pendiente de la línea, por lo tanto, es posible decir que la estadística es consistente y la estación Boca de la Ceiba es homogénea en sus datos de precipitación.

11.2.1 Precipitaciones anuales.

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución, es decir, precipita. El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad.

En el municipio de Montería los valores de precipitación no presentan grandes cambios, lo que contribuye a mantener un factor climático casi homogéneo, con precipitaciones mayores a 1200 mm, a excepción de las cercanías de Guateque, Sabanal y San Anterito, como se aprecia en la figura 8 (Precipitación del departamento de Córdoba) registrada en el numeral 2.5.



Con base en los registros de las estaciones Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Bocas de la Ceiba, la precipitación media anual es del orden de 1362.62 mm, para el período de registro seleccionado (1979 - 2023).

En las tablas siguientes se presenta el comportamiento de las lluvias a escala anual para la estación Boca de la Ceiba, la cual registra los mayores valores de precipitación media anual y es la estación con menos datos faltantes de las 3 analizadas.

Estación Boca de la Ceiba			
Año	Valor Anual	Año	Valor Anual
1979	2217.0	2002	952.0
1980	1363.0	2003	1311.0
1981	2059.5	2005	1495.0
1982	1712.0	2006	1351.0
1984	1303.0	2007	1346.0
1985	1247.0	2008	1571.0
1986	1174.5	2009	1216.0
1987	1648.3	2010	1592.0
1988	1803.8	2011	1452.0
1989	1654.0	2012	1031.6
1990	1332.8	2013	1431.8
1991	1335.0	2014	1036.3
1992	1138.0	2015	1194.8
1993	1358.0	2016	1575.7
1994	1702.0	2017	1687.5
1995	1243.0	2018	1582.0
1996	1467.0	2019	1632.0
1997	1106.0	2020	1485.0
1998	1417.0	2021	1596.6
2000	1178.0	2022	1436.0
2001	1066.0	2023	1180.9
PROMEDIO		1421.0	
DESVIACIÓN		267.6	
COEFICIENTE DE VARIACION		18.83%	

Tabla 17. Comportamiento estadístico de la precipitación anual para la estación boca de la Ceiba.

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

La desviación estándar obtenida representará una medida de la dispersión de los datos respecto al valor medio (promedio), y el coeficiente de variación representa el grado de variabilidad de la desviación respecto a la media, debido a que los valores obtenidos de C.V. son inferiores a 30% (bajo), es válido decir que los valores de precipitación son homogéneos.

Variabilidad temporal. Para el registro de precipitaciones se observa que a escala anual las lluvias no presentan gran variabilidad de un año a otro, presentando coeficientes de variación de $C_v = (18.83 \%)$, lo que indica que no hay cambios marcados entre años secos y húmedos.



Gráfica 3. Histograma de valores totales anuales de precipitación, estación Boca de la Ceiba
Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

11.2.2 Precipitación mensual

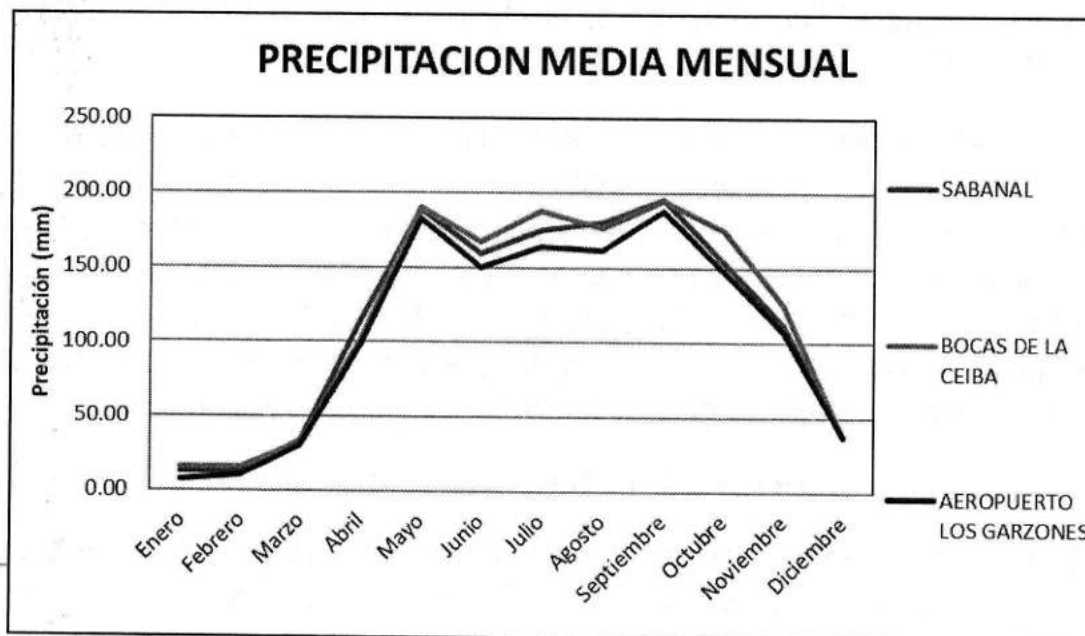
El comportamiento de las lluvias promedio mensual en las estaciones fluctúa entre 0.00 mm y 527.00 mm, tal y como se muestra en las tablas siguientes:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valores medios	15.99	15.68	32.88	101.50	190.14	167.06	188.48	176.36	195.02	175.00	125.27	37.61
Valores máximos	71.00	94.60	105.00	233.00	527.00	332.00	379.00	409.00	428.00	377.00	307.00	146.00
Valores mínimos	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00	0.00	77.00	21.00	56.00	56.00	22.00	0.00

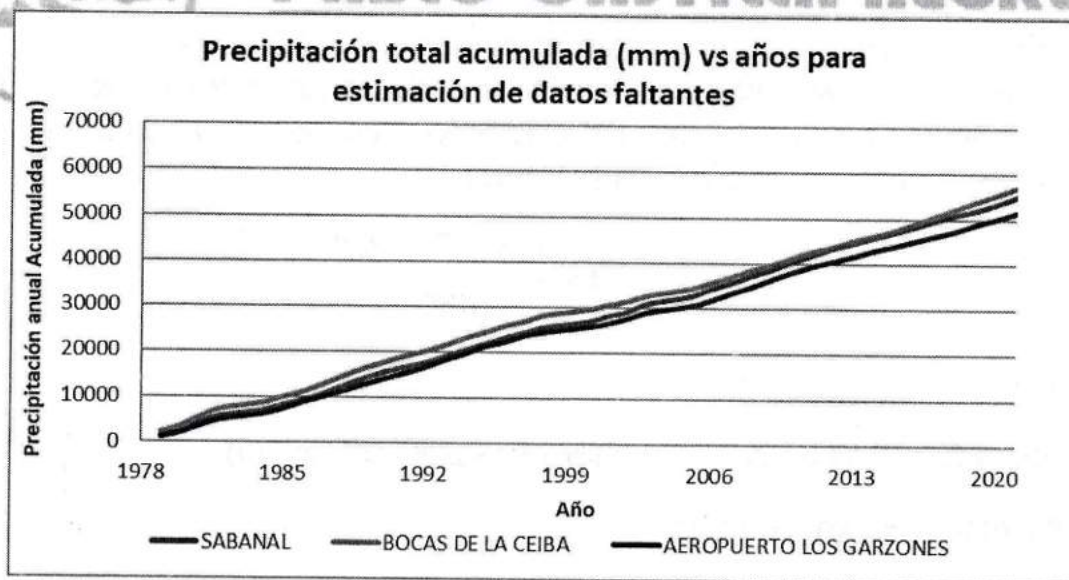
Tabla 18. Valores de precipitación media mensual (mm) Estación Bocas de la Ceiba (1970 – 2023).

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Como característica general de la región se aprecian un periodo de lluvia entre abril y octubre, y un período seco de diciembre a marzo.



Gráfica 4. Precipitación media mensual según las estaciones de análisis.
Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.



Gráfica 5. Valores precipitaciones multianuales estación bocas de la Ceiba
Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Variabilidad temporal: Las variaciones de la precipitación mensual están marcadas por climatología general de la región, dada a la ubicación de esta cuenca, el régimen se



encuentra regulado un poco más por el clima caribeño, el cual tiene más influencia en la zona media y baja de la cuenca del río Sinú. La zona anualmente está controlada por el movimiento cíclico de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y la dominancia de dos chorros superficiales contrarios, el chorro de San Andrés y el chorro del Chocó (Poveda, 1998).

En resumen, la interacción entre estos dos chorros, el paso de la zona de convergencia intertropical y la orografía en la cuenca, son los principales mecanismos que controlan la climatología de la cuenca del Río Sinú y por ende de la zona de estudio. Sin embargo, las variaciones interanuales y las anomalías climáticas podrían estar alteradas por el ENSO (El Niño, Oscilación del Sur) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). El ciclo anual de la precipitación, presenta un régimen casi unimodal, con valores mínimos de enero a febrero, y valores máximos entre los meses mayo, agosto y septiembre.

11.2.3 Curvas I-D-F (Intensidad – Duración – Frecuencia).

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (I-D-F) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos.

Debido a que no se dispone de registros pluviográficos, las curvas IDF utilizadas en este proyecto fueron elaboradas por esta consultoría, tomando los datos de precipitación máxima en 24 horas del IDEAM para la estación Bocas de la Ceiba y aplicando el método simplificado cuya formulación es la siguiente:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

Donde,

I: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

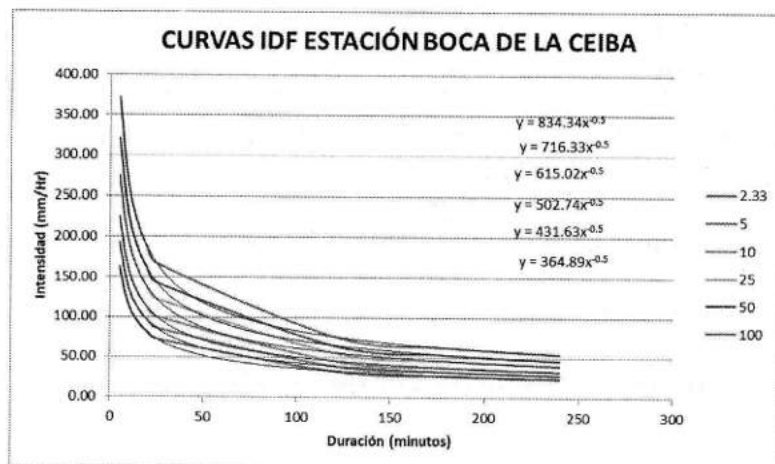
T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: Duración de la lluvia, en minutos (min).



a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión, los cuales fueron regionalizados para Colombia, y corresponden a 24.85, 0.22, 0.50 y 0.10 respectivamente.



Gráfica 6. Curvas IDF estación Boca de la Ceiba

Fuente: Elaboración propia con ayuda de información del IDEAM.

Año	Precipitación máxima anual en 24 hr	Año	Precipitación máxima anual en 24 hr
1970	120	1997	90
1971	93	1998	86
1972	82	2000	130
1973	70	2001	68
1974	90	2002	70
1975	67	2003	89
1976	112	2005	78
1977	93	2006	90
1978	80	2007	75
1979	135	2008	110
1980	131	2009	61
1981	100	2010	97
1982	115	2011	90
1983	86	2012	90
1984	66	2013	65
1985	100	2014	135
1986	56	2015	95
1987	92	2016	95
1988	93	2017	106
1989	93	2018	85
1991	100	2019	120
1992	64	2020	140



Año	Precipitación máxima anual en 24 hr	Año	Precipitación máxima anual en 24 hr
1993	110	2021	90
1994	109	2022	85
1995	82	2023	80
1996	94		
Media		93.20	
Desviación		20.28	
Coeficiente de variación		0.22	

Tabla 19. Valores de precipitación máxima en 24 horas a nivel multianual estación Bocas de la Ceiba

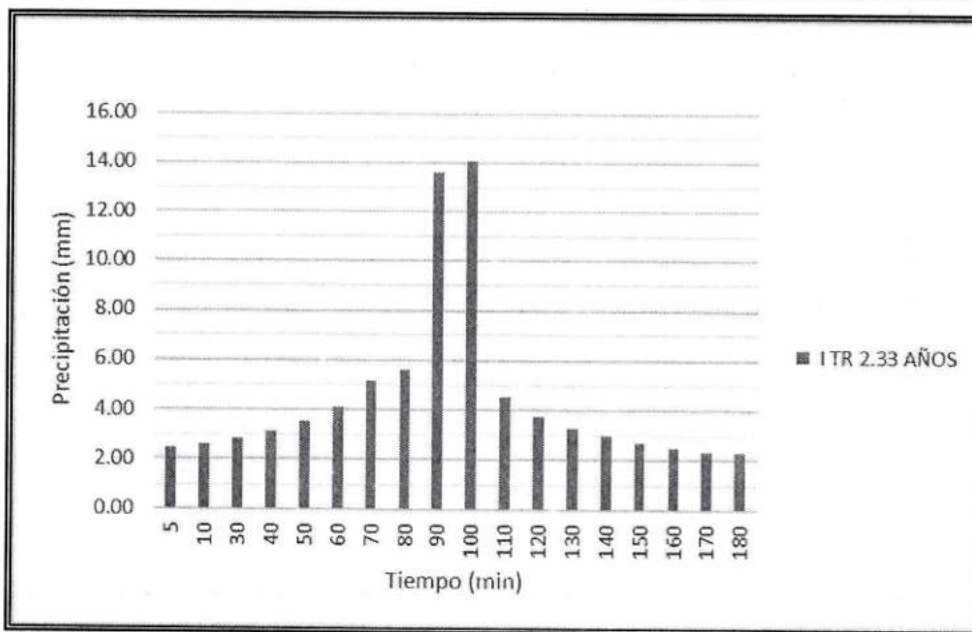
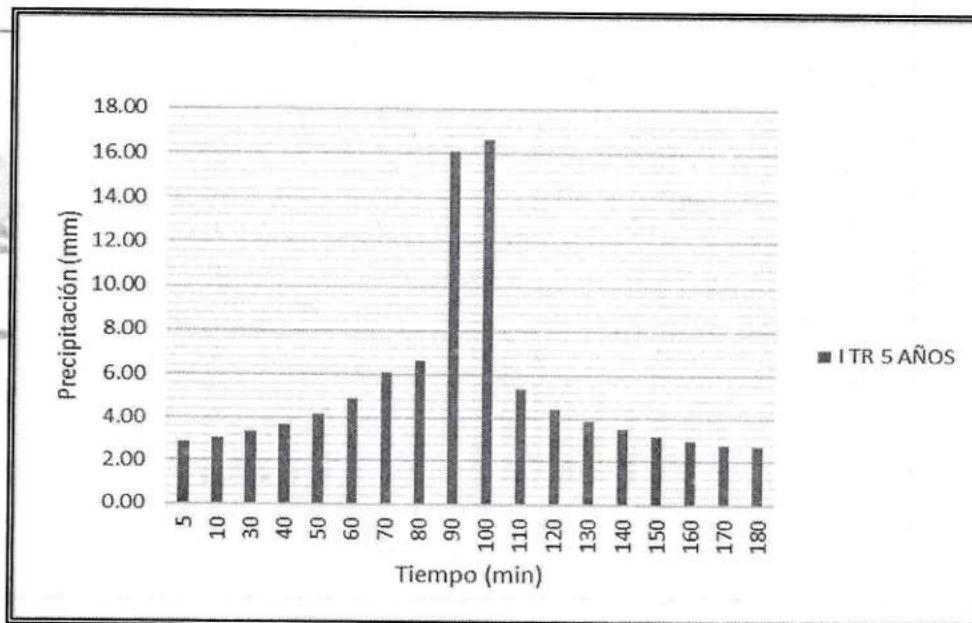
Fuente: Elaboración propia con ayuda de información del IDEAM.

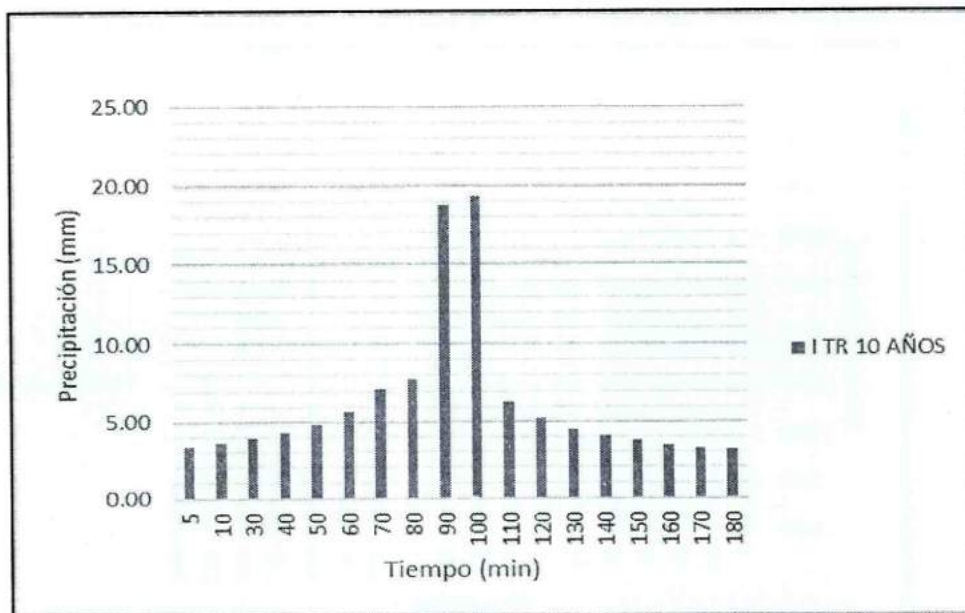
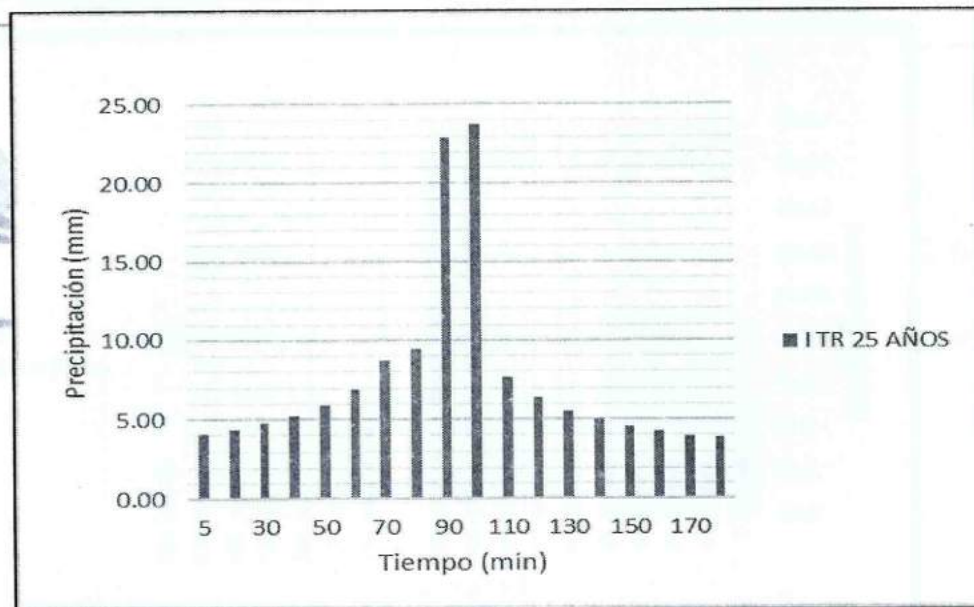
De acuerdo con lo anterior, la ecuación de las IDF queda representada de la siguiente manera:

$$I = \frac{24.85 * T^{0.22} * 94.08^{0.1}}{t/60^{0.50}}$$

11.2.4 Distribución temporal de la precipitación (lluvias de diseño).

La distribución temporal de la lluvia se realiza a través del método de Bloques Alternados, es decir reorganizar la precipitación total de diseño calculada a partir de las curvas IDF. El mayor volumen de lluvia es ubicado en el medio (50%) de la duración total de la lluvia y el restante de volúmenes de lluvia son situados en orden alternada de forma de ascendente hasta alcanzar la mitad de la duración calculada. En la siguiente figura se puede observar las lluvias de diseño para diferentes tiempos de retorno calculadas para la cuenca de estudio.





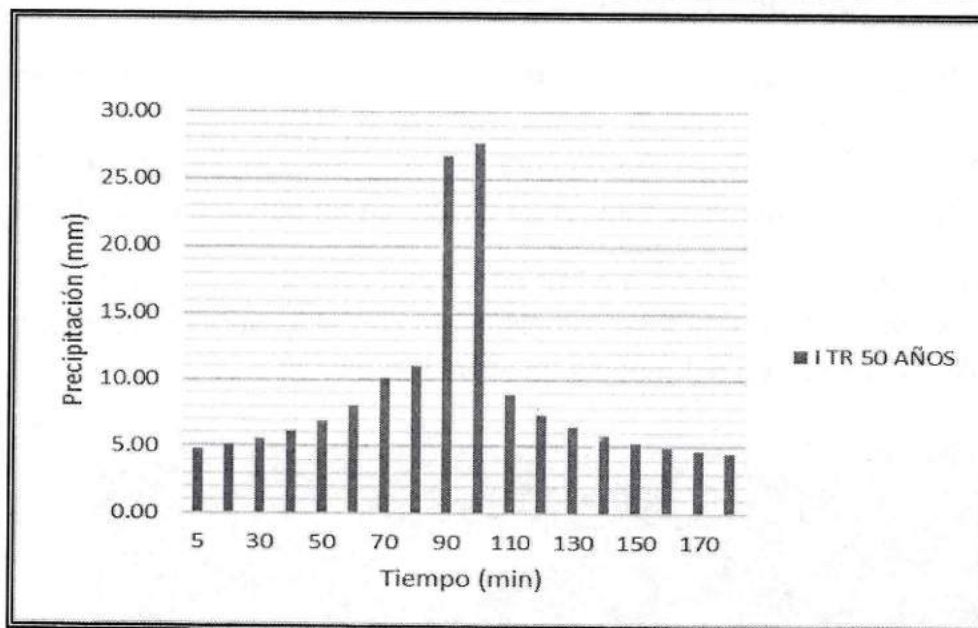
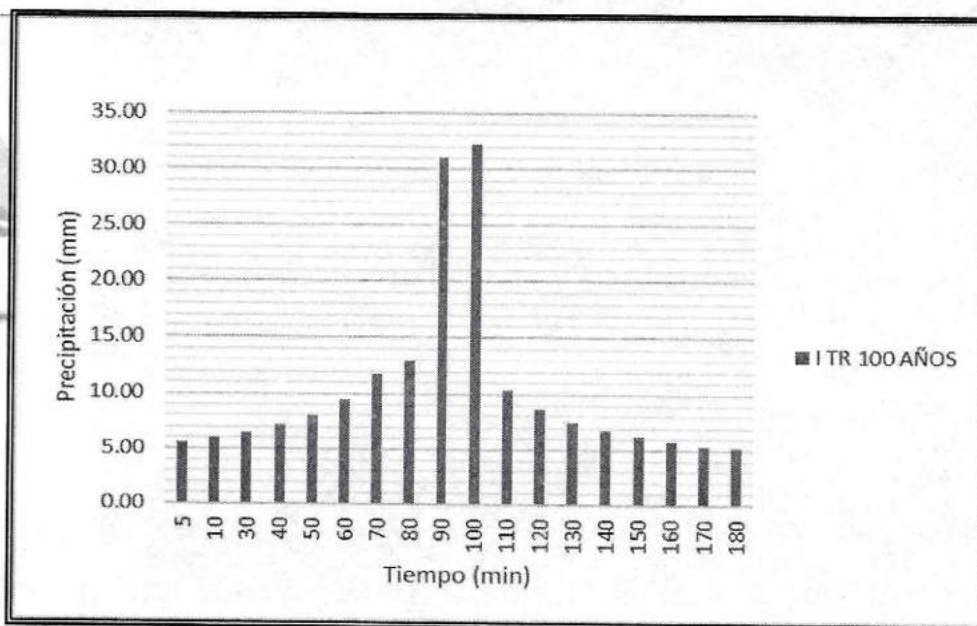


Figura 20. Hietogramas de diseño para diferentes periodos de retorno.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.

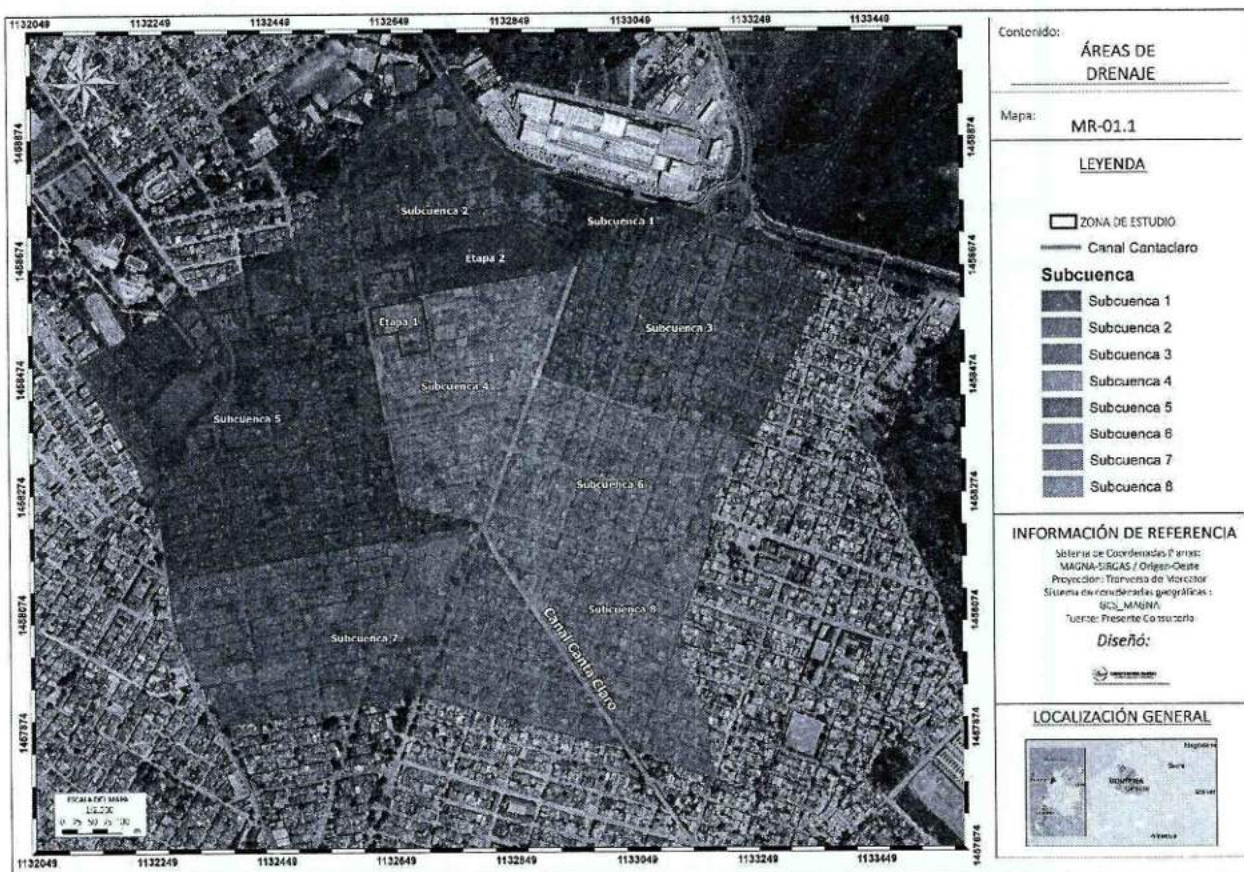
11.3 ANÁLISIS DE CAUDALES

Debido a que no se cuenta una serie de registros de caudales del canal Cantaclaro en el tramo de interés, se procede a determinar el caudal de diseño a través de los métodos de transformación lluvia – escorrentía para lo cual es necesario estimar el área de drenaje.

11.3.1 Área de Drenaje

Una cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red natural con una o varias corrientes superficiales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que a su vez puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

El área de drenaje se obtuvo a partir de información secundaria obtenida del plan pluvial del municipio de Montería y se complementó con el levantamiento topográfico realizado a través de la creación del modelo de elevación digital.





ÁREAS DE DRENAJE	Área (Km2)
Subcuenca 1	0.02
Subcuenca 2	0.11
Subcuenca 3	0.12
Subcuenca 4	0.09
Subcuenca 5	0.20
Subcuenca 6	0.10
Subcuenca 7	0.17
Subcuenca 8	0.07

Tabla 20. Área de drenaje del canal perteneciente al proyecto.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

11.3.2 Método de transformación Lluvia – Escorrentía. Hidrograma Unitario.

Como metodología para transformación lluvia - escorrentía se emplea el método del hidrograma unitario desarrollado por el US Soil Conservation Service (SCS)

El Hidrograma unitario, es el hidrograma de escorrentía superficial total resultante de un volumen unitario de lluvia neta, uniformemente distribuido en espacio y tiempo. La altura d de la lluvia neta, equivale a la altura de escorrentía superficial total del hidrograma unitario.

$$d \times A = \int_0^t QE dt$$

Dónde:

d : Lluvia neta total (mm).

A : Área de drenaje (Km²).

QE : Escorrentía superficial total (m³/s).

t : Tiempo del hidrograma unitario de la hoya (hr).

Existen dos suposiciones básicas en la teoría del hidrograma unitario:

- Las variaciones estacionales en las características superficiales de la hoya no se tienen en cuenta, es decir, se considera que las precipitaciones antecedentes no influyen la distribución en el tiempo de la escorrentía superficial producida por una lluvia determinada.



- Para calcular la escorrentía superficial producida por cualquier otra lluvia neta diferente de una lluvia neta unitaria, se supone que el sistema es lineal y no varía con el tiempo.

Con estos principios, Sherman introdujo el denominado hidrograma unitario, el cual es una herramienta útil para la transformación de datos de lluvia a caudal.

Para el presente estudio se utilizó el hidrograma unitario triangular desarrollado por la U.S Soil Conservation Service (SCS), que define el caudal pico como:

$$qp = 0.2083 * \frac{A * E}{tp}$$

Dónde:

qp: Caudal unitario máximo en m³/s por mm de escorrentía.

A: Área de drenaje (Km²).

E: Escorrentía unitaria (mm).

tp: Tiempo al pico medido desde el comienzo del hidrograma unitario (hr).

El tiempo pico se obtiene con la expresión:

$$tp = \frac{d}{2} + t1$$

Dónde:

d: Duración del exceso de precipitación unitaria (hr), y se estima de acuerdo a la siguiente expresión:

$$d = 0.133 * tc$$

t1: Tiempo de retardo (hr), se estima como:

$$t1 = 0.6 * tc$$

Dónde:

tc: Tiempo de concentración de una cuenca.



11.3.3 Método de pérdida - Número de curva SCS

El número de curva depende de la cobertura del suelo en el área de drenaje y de la precipitación antecedente.

La cobertura del suelo en el área de drenaje se determina con ayuda de la siguiente tabla:

TIPO DE COBERTURA Y CONDICIÓN HIDROLÓGICA	% PROMEDIO ÁREAS IMPERMEABLES ¹	NUMERO DE CURVAS PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación ya establecida):					
Espacios abiertos (prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.) ²					
Condición pobre (menos del 50% cubierto de pasto)		68	79	86	89
Condición regular (del 50% al 75% cubierto de pasto)		49	69	79	84
Condición buena (más del 75% cubierto de pasto)		39	61	74	80
Áreas Impermeables:					
Parqueaderos pavimentados, techos, autopistas, etc. (excluyendo derecho de vía)		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Pavimentados; zanjas abiertas (incluyendo derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (incluyendo derecho de vía)		76	85	89	91
Tierra (incluyendo derecho de vía)		72	82	87	89
Áreas desérticas urbanas:					
Paisajes desérticos naturales (solamente áreas permeables) ³		63	77	85	88
Paisajes desérticos artificiales (barreras impermeables de maleza, arbustos de desierto con 1 a 2 pulg de diámetro; Cubierta de arena o grava y orillas de áreas húmedas)		96	96	96	96
Áreas urbanas:					
Comercial y de negocios	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Áreas residenciales por promedio del tamaño del lote:					
1/8 de acre o menos (506 m ² o menos)	65	77	85	90	92
1/4 acre (1012 m ²)	38	61	75	83	87
1/3 acre (1350 m ²)	30	57	72	81	86
1/2 acre (2025 m ²)	25	54	70	80	85
1 acre (4050 m ²)	20	51	68	79	84
2 acre (8100 m ²)	12	46	65	77	82
Áreas urbanas desarrolladas:					
Áreas permeables conformadas (solamente áreas permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Tabla 21. Valores de CN para distintos grupos de suelos.

Fuente: Manual de drenaje de carreteras (INVIAS, 2009)

La pertenencia a un grupo hidrológico ya sea A, B, C o D, depende del potencial de escorrentía del suelo, como se muestra en la siguiente tabla:

Tipo de suelo	Característica (Potencial de escorrentía)
A	Bajo
B	Moderadamente bajo
C	Moderadamente alto
D	Alto

Tabla 22. Condición hidrológica de los suelos.

Fuente: Hidrología en la ingeniería, German Monsalve Sáenz.

De acuerdo con las características del suelo del área de estudio, se determinó que pertenecen **al grupo C**.

Por otro lado, el volumen de precipitación en un periodo de 3 días a 30 días precediendo a una tormenta determinada se le llama precipitación antecedente, y las condiciones que se producen en la cuenca con respecto al escurrimiento potencial se les llama condiciones antecedentes. En general, cuanto mayor es la precipitación antecedente, mayor será el escurrimiento directo que puede ocurrir en una tormenta dada. Los efectos de la infiltración y de la evapotranspiración durante el periodo antecedente también son importantes, porque pueden aumentar o disminuir el efecto de la lluvia antecedente.

Debido a las dificultades para determinar las condiciones antecedentes producidas por la lluvia, las condiciones reducen a los siguientes tres casos:

- Condición 1: esta es la condición que presentan los suelos de una cuenca en la que los suelos están secos, pero no hasta el punto de marchitamiento, y cuando se aran o se cultivan bien. Esta condición no se considera aplicable al cálculo para determinar la avenida del proyecto.
- Condición 2: El caso promedio para avenidas anuales, es decir, un promedio de las condiciones que han precedido a la ocurrencia de la avenida máxima anual en numerosas cuencas.
- Condición 3: Que se presenta cuando ha llovido mucho o poco y han ocurrido bajas temperaturas durante los cinco días anteriores a la tormenta y el suelo está casi saturado.



Para el caso de las subcuencas del canal Cantaclaro se ha seleccionado un número de curva igual a 90, que para una condición 3 de humedad antecedente corresponde a **95.4**

11.3.4 Escorrentía.

Para la determinación del caudal de diseño es necesario determinar la escorrentía, la cual se puede definir como la cantidad de agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando se produce, fluye a los cauces incrementando su volumen; a medida que llega agua de las partes más lejanas comienza suavemente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada lluvia.

La escorrentía está en función de las precipitaciones máximas (P) y de la infiltración potencial (S), esta última, a su vez depende del número de curva (CN). La ecuación que relaciona todas estas variables se muestra a continuación y está dada por la Soil Conservation Service:

$$E = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Dónde:

P: Precipitación (mm).

S: Infiltración potencial (mm).

El valor de S es calculado de acuerdo con la siguiente expresión:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Dónde:

CN: Número de curva que depende de la cobertura del suelo en el área de drenaje.

11.3.5 Pendiente media del cauce.

Para la determinación de la pendiente media del cauce se emplea la metodología de Taylor y Schwarz, por medio de una muestra estadística de las pendientes normales a las curvas de nivel de las secciones escogidas.

$$S = [L / (\sum li / \sqrt{si})]^2$$



Dónde:

S. pendiente ponderada del cauce en (m/m).

L. Longitud del cauce en (m)

li. Longitud de cada tramo.

si. Pendiente de cada subtramo

11.3.6 Tiempo de concentración.

Es el tiempo que demora la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de agua de una hoya, para llegar a una sección determinada de dicha corriente. El tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la hoya contribuya con escorrentía superficial en una sección considerada (HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA – German Monsalve Sáenz).

Hay muchos métodos para determinar el tiempo de concentración, los cuales fueron realizados a partir de cálculos empíricos en distintas condiciones. Para este caso se emplea la formulación de Bransby Williams

$$tc = 14.6 * L * A^{-0.1} * S^{-0.2}$$

Existen otros métodos para el cálculo del tiempo de concentración como los que se muestran a continuación:

- **Kirpich 1940**

$$tc = 3.9756 * K * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

- **Valencia y Zuluaga**

$$Tc = 1.7694 * A^{0.325} L^{-0.096} S_0^{-0.29}$$

Donde:

K: Factor que depende del tipo de superficie de la cuenca; 0.40 para concreto o superficies asfálticas, 0.20 para canales en concreto y 1.00 para suelos y canales naturales.

L: Longitud desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de interés (Km).

S: Pendiente ponderada del cauce (m/m).

Tc: Tiempo de concentración en horas



A: área de drenaje en Km²

L: Longitud m

S: pendiente promedio de la cuenca (m/m).

- **Temez**

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76}$$

- **Bransby Williams**

$$t_c = 14.6 * L * A^{-0.1} * S^{-0.2}$$

- **Valencia y Zuluaga**

$$T_c = 1.7694 * A^{0.325} L^{-0.096} S^{-0.29}$$

- **Clark**

$$T_c = 0.335 \left[\frac{A}{S^{0.5}} \right]^{0.593}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración en horas

A: área de drenaje en Km²

L: Longitud m

S: pendiente promedio de la cuenca (m/m).

Para el tránsito a través de los subtramos del caño se emplea la formulación del tiempo de tránsito en canales abiertos.

$$T_T = \frac{L}{60 * V} \quad (min)$$

Donde L (m) es la longitud del tramo y V es la velocidad supuesta en m/s

TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

SUBCUENCA	Área (Km ²)	Le (Km)	S (m/m)	TC Kirpich 1940 (min)	Bureau of reclamation (min)	Temez (min)	Clark (min)	Bransby-Williams (min)	Valencia y Zuluaga (horas)	Tc Escogido (min)	Tc (hr)
Subcuenca 1	0.02	0.20	0.0102	6.81	0.00	12.86	8.32	10.82	70.54	6.81	0.11
Subcuenca 2	0.11	0.47	0.0022	23.16	0.00	31.89	33.66	28.70	170.06	23.16	0.39
Subcuenca 3	0.12	0.39	0.0017	22.53	0.00	29.35	37.38	25.23	190.49	22.53	0.38
Subcuenca 4	0.09	0.31	0.0013	20.79	0.00	25.93	35.67	21.57	195.62	20.79	0.35
Subcuenca 5	0.20	0.73	0.0015	38.22	0.00	48.21	53.16	46.09	220.06	38.22	0.64
Subcuenca 6	0.10	0.36	0.0017	21.04	0.00	27.60	33.63	23.67	180.43	21.04	0.35
Subcuenca 7	0.17	0.59	0.0016	31.62	0.00	40.57	47.86	37.27	210.31	31.62	0.53
Subcuenca 8	0.07	0.26	0.0018	15.86	0.00	21.19	26.92	17.27	163.78	15.86	0.26

Tabla 23. Tiempos de concentración para cada una de las subcuencas de la zona de estudio.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

SUBCUENCA	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Cota Inicial (msnm)	Cota Final (msnm)	Longitud de máximo recorrido (Km)	S (m/m)	TC Kirpich 1940 (min)	Bureau of reclamation (min)	Temez (min)	Tc Escogido (min)	Tc (hr)
REACH 1	K0+930.00	K0+430.00	12.46	11.65	0.50	0.0016	27.66	27.56	35.70	27.66	0.46
REACH 2	K0+430.00	K0+150.00	11.50	11.33	0.28	0.0006	25.83	25.73	27.78	25.83	0.43
REACH 3	K0+150.00	K0+000.00	12.05	11.50	0.15	0.0037	7.99	7.96	12.42	7.99	0.13

Tabla 24. Tiempos de concentración para cada una de las subcuencas de la zona de estudio.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

11.3.7 Tránsito de crecientemente

El parámetro K es el tiempo de tránsito de una onda de crecientemente a través del tramo de canal. En el HEC – HMS el elemento reach, es el que permite definir el tránsito de crecientemente. Una forma alternativa de calcular K es:

$$K = 0.60 T_c$$

SUBCUENCA	Abscisa Inicial	Abscisa Final	T _c Escogido (min)	T _c (hr)
REACH 1	K0+930.00	K0+430.00	27.66	0.46
REACH 2	K0+430.00	K0+150.00	25.83	0.43
REACH 3	K0+150.00	K0+000.00	7.99	0.13

Tabla 25. valores de K de Muskingum.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Estudios Geotécnicos y Ambientales

11.3.8 Periodo de retorno.

El periodo de retorno de un evento hidrológico es un concepto probabilístico y corresponde al tiempo promedio en años que transcurrirá para que la magnitud de ese evento sea igualada o excedida.

De acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 del RAS, el periodo de retorno a utilizar para el cálculo de la intensidad de precipitación varía según la característica del área de drenaje, como se muestra en la siguiente tabla:

Características del área de drenaje	Periodo de retorno en años
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores a 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas.	100

Tabla 26. Periodo de retorno de diseño.

Fuente: Resolución 0330 de 2017 del RAS, (MINVIVIENDA, 2017).

Sin embargo, al considerar la normatividad correspondiente a la gestión de riesgos y desastres, el análisis se realiza para un periodo de retorno de **100 años**.

11.3.9 Modelación Hec – HMS

De acuerdo con las áreas de drenaje calculadas, se procede a realizar una modelación en HEC-HMS para analizar la respuesta hidrológica de la cuenca de estudio.

La Figura 22 muestra un esquema de la discretización propuesta para la cuenca del Canal Cantaclaro junto con las subcuencas consideradas dentro del modelo HEC-HMS.

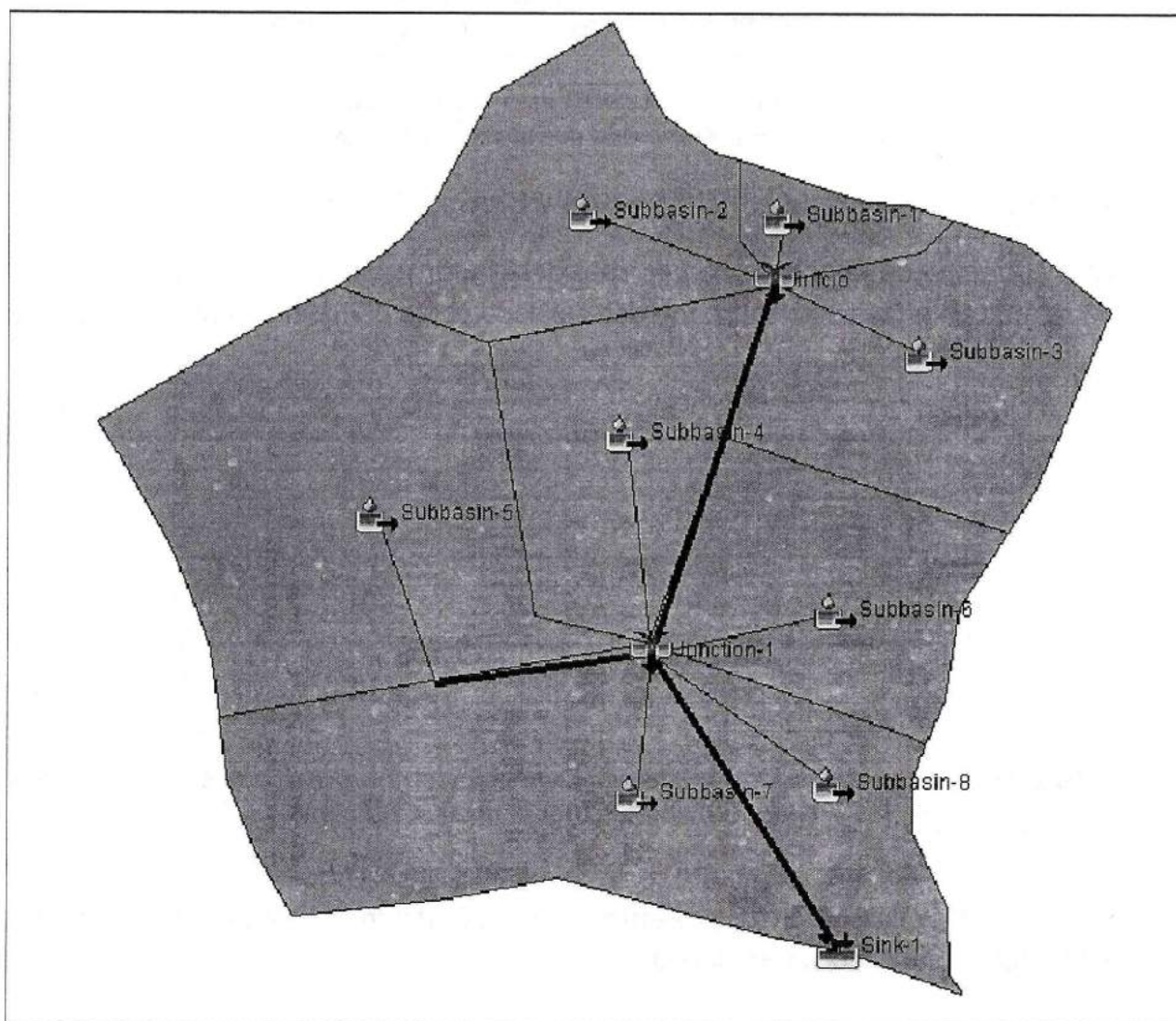


Figura 22. Esquema de discretización del modelo hidrológico.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Para el cálculo de caudales se determinó el número de curva (CN) de acuerdo con las combinaciones de cobertura, uso y grupo hidrológico de suelo y se realiza el cálculo de las abstracciones iniciales:

SUBCUENCA	CN II Ponderado	CN III Ponderado	S (mm)	Ia
Subcuenca 1	90.0	95.4	12.14	2.43
Subcuenca 2	90.0	95.4	12.14	2.43
Subcuenca 3	90.0	95.4	12.14	2.43
Subcuenca 4	90.0	95.4	12.14	2.43
Subcuenca 5	90.0	95.4	12.14	2.43
Subcuenca 6	90.0	95.4	12.14	2.43
Subcuenca 7	90.0	95.4	12.14	2.43



SUBCUENCA	CN II Ponderado	CN III Ponderado	S (mm)	la
Subcuenca 8	90.0	95.4	12.14	2.43

Tabla 27. CN (SCS) para la zona en estudio.**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

11.3.10 Tiempo de concentración y tiempo de retardo

Para el tiempo de Concentración se considera la formulación de Kirpich 1940. El tiempo de retardo para las subcuencas fue determinado como 0.75 del tiempo de concentración.

SUBCUENCA	Tc Escogido (min)	Tc (hr)	Tiempo de retardo (min)
Subcuenca 1	6.81	0.11	5.10
Subcuenca 2	23.16	0.39	17.37
Subcuenca 3	22.53	0.38	16.90
Subcuenca 4	20.79	0.35	15.59
Subcuenca 5	38.22	0.64	28.66
Subcuenca 6	21.04	0.35	15.78
Subcuenca 7	31.62	0.53	23.71
Subcuenca 8	15.86	0.26	11.90
REACH 1	27.66	0.46	20.75
REACH 2	25.83	0.43	19.37
REACH 3	7.99	0.13	5.99

Tabla 28. Tiempos de concentración para cada una de las subcuencas de la zona de estudio.**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

Estudios Geotécnicos y Ambientales

En la siguiente ilustración se presenta un ejemplo del ingreso de los datos en el HEC – HMS para la Subcuenca Cantaclaro.



Basin Name: area_de_drenaje	
Element Name: Subbasin-1	
Description:	
Downstream:	inicio
*Area (KM2)	0,02
Latitude Degrees:	
Longitude Degrees:	
Discretization Method:	--None---
Canopy Method:	--None--
Surface Method:	--None--
Loss Method:	SCS Curve Number
Transform Method:	SCS Unit Hydrograph
Baseflow Method:	--None--

Basin Name: area_de_drenaje	
Element Name: Subbasin-1	
Initial Abstraction (MM)	2,43
*Curve Number:	95,4
*Impervious (%)	0,0

Basin Name: area_de_drenaje	
Element Name: Subbasin-1	
Graph Type:	Delmarva (PRF 284)
*Lag Time (MIN)	5,10

Ilustración 1. Información de la subcuenca canal Cantaclaro
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

- **Configuración del modelo para el tránsito de caudales:**



Basin Name: area_de_drenaje	
Element Name: Reach-1	
Description:	
Downstream:	Junction-1 ✓
Routing Method:	Muskingum ✓
Loss/Gain Method:	--None-- ✓

Basin Name: area_de_drenaje	
Element Name: Reach-1	
Initial Type:	Discharge = Inflow ✓
*Muskingum K (HR)	0,28
*Muskingum X:	0,5
Subreaches:	1

Ilustración 2. Configuración del modelo para el tránsito de caudales.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Una vez definidos todos los parámetros de la subcuenca, el modelo fue alimentado con la información correspondiente a la serie de tiempo, así como la definición del modelo meteorológico. Por las características propias del proyecto se creó la serie de tiempo correspondiente al hietograma para los diferentes periodos de retorno evaluados y una duración de la lluvia de 2.5 horas, con un intervalo de 5 minutos.

Gage Name: 100	
*Start Date (ddMMMYYYY)	01ene.2000
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMMYYYY)	01ene.2000
*End Time (HH:mm)	02:30

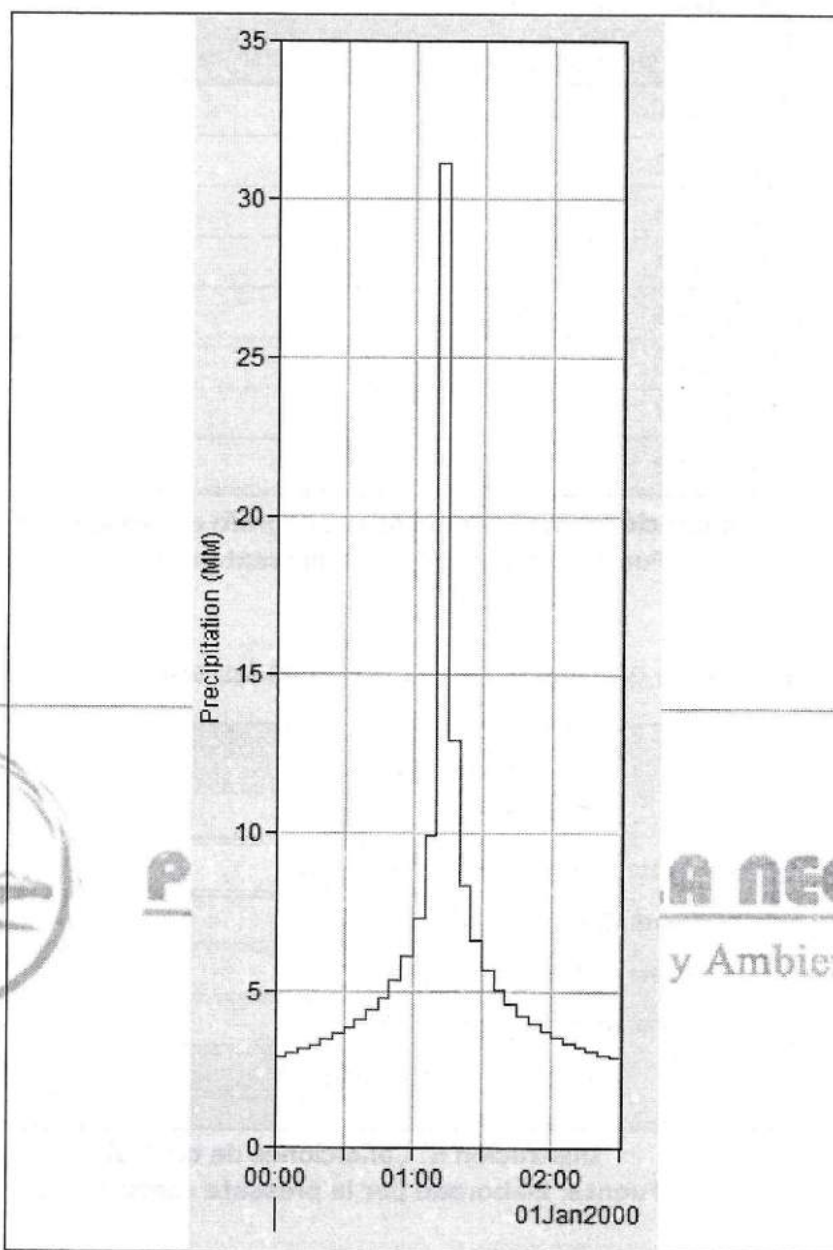


Ilustración 3. Serie de tiempo (Hietograma para un TR 100 años).
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Posteriormente se asignó el pluviógrafo a cada subcuenca en la pestaña de modelo meteorológico.



Met Name: 100	
Subbasin Name	Gage
Subbasin-1	100
Subbasin-2	100
Subbasin-3	100
Subbasin-4	100
Subbasin-5	100
Subbasin-6	100
Subbasin-7	100
Subbasin-8	100

Ilustración 4. Asignación de pluviógrafo a cada subcuenca.**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

Para el caso de estudio en específico se determinó las siguientes condiciones de control:

Name: Control 1	
Description:	
*Start Date (ddMMMYYYY)	01ene.2000
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMMYYYY)	01ene.2000
*End Time (HH:mm)	06:00
Time Interval:	5 Minutes ✓

Ilustración 5. Condiciones de control.**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

11.3.11 Caudales pico del hidrograma para cada subcuenca

Una vez definidas todas las condiciones del modelo se crea una corrida para esto es necesario entrelazar un modelo de cuenca, con un modelo meteorológico y las especificaciones de control. Los resultados del programa dependen de la necesidad del usuario, en este caso el caudal a lo largo del tramo de estudio, por lo tanto, el caudal será el de los afluentes que alimenten la cuenca.



Project: canal_Cantaclaro Simulation Run: Run 2.33				
Start of Run: 01ene.2000, 00:00		Basin Model: area_de_drenaje		
End of Run: 01ene.2000, 06:00		Meteorologic Model: 2.33		
Compute Time:21dic.2023, 06:01:14		Control Specifications:Control 1		
Show Elements: All Eleme...	Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3		Sorting: Hydrolo...	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-2	0,11	1,2	01ene.2000, 01:35	61,57
Subbasin-1	0,02	0,4	01ene.2000, 01:20	61,57
Inicio	0,13	1,5	01ene.2000, 01:30	61,57
Subbasin-3	0,12	1,4	01ene.2000, 01:35	61,57
Reach-1	0,25	2,8	01ene.2000, 01:50	61,61
Subbasin-5	0,20	1,7	01ene.2000, 01:50	61,41
Reach-3	0,20	1,7	01ene.2000, 01:55	61,38
Junction-1	0,45	4,5	01ene.2000, 01:50	61,51
Subbasin-7	0,17	1,6	01ene.2000, 01:40	61,55
Subbasin-6	0,10	1,2	01ene.2000, 01:30	61,57
Subbasin-4	0,09	1,1	01ene.2000, 01:30	61,57
Subbasin-8	0,07	0,9	01ene.2000, 01:30	61,57
Reach-2	0,88	8,7	01ene.2000, 02:00	61,51
Sink-1	0,88	8,7	01ene.2000, 02:00	61,51

Ilustración 6. Resultados del modelo para un TR de 2.33 Años.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Project: canal_Cantaclaro Simulation Run: Run 5				
Start of Run: 01ene.2000, 00:00		Basin Model: area_de_drenaje		
End of Run: 01ene.2000, 06:00		Meteorologic Model: 5		
Compute Time:21dic.2023, 06:02:13		Control Specifications:Control 1		
Show Elements: All Eleme...	Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3		Sorting: Hydrolo...	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-2	0,11	1,5	01ene.2000, 01:35	74,97
Subbasin-1	0,02	0,5	01ene.2000, 01:20	74,97
Inicio	0,13	1,8	01ene.2000, 01:30	74,97
Subbasin-3	0,12	1,7	01ene.2000, 01:35	74,97
Reach-1	0,25	3,4	01ene.2000, 01:50	75,03
Subbasin-5	0,20	2,1	01ene.2000, 01:50	74,78
Reach-3	0,20	2,1	01ene.2000, 01:55	74,74
Junction-1	0,45	5,4	01ene.2000, 01:50	74,90
Subbasin-7	0,17	2,0	01ene.2000, 01:40	74,95
Subbasin-6	0,10	1,4	01ene.2000, 01:30	74,97
Subbasin-4	0,09	1,3	01ene.2000, 01:30	74,97
Subbasin-8	0,07	1,1	01ene.2000, 01:25	74,97
Reach-2	0,88	10,5	01ene.2000, 02:00	74,91
Sink-1	0,88	10,5	01ene.2000, 02:00	74,91

Ilustración 7. Resultados del modelo para un TR de 5 Años.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.



Project: canal_Cantaclaro		Simulation Run: Run 10		
Start of Run: 01ene.2000, 00:00		Basin Model: area_de_drenaje		
End of Run: 01ene.2000, 06:00		Meteorologic Model: 10		
Compute Time: 21dic.2023, 06:02:53		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Eleme...	Volume Units:	☒ MM ☐ 1000 M3	Sorting: Hydrolo... ▾
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-2	0,11	1,8	01ene.2000, 01:35	89,31
Subbasin-1	0,02	0,5	01ene.2000, 01:20	89,31
inicio	0,13	2,2	01ene.2000, 01:30	89,31
Subbasin-3	0,12	2,0	01ene.2000, 01:35	89,31
Reach-1	0,25	4,0	01ene.2000, 01:50	89,37
Subbasin-5	0,20	2,5	01ene.2000, 01:50	89,08
Reach-3	0,20	2,5	01ene.2000, 01:50	89,03
Junction-1	0,45	6,5	01ene.2000, 01:50	89,22
Subbasin-7	0,17	2,3	01ene.2000, 01:40	89,27
Subbasin-6	0,10	1,7	01ene.2000, 01:30	89,31
Subbasin-4	0,09	1,5	01ene.2000, 01:30	89,31
Subbasin-8	0,07	1,4	01ene.2000, 01:25	89,31
Reach-2	0,88	12,5	01ene.2000, 02:00	89,23
Sink-1	0,88	12,5	01ene.2000, 02:00	89,23

Ilustración 8. Resultados del modelo para un TR de 10 Años.**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

Project: canal_Cantaclaro		Simulation Run: Run 25		
Start of Run: 01ene.2000, 00:00		Basin Model: area_de_drenaje		
End of Run: 01ene.2000, 06:00		Meteorologic Model: 25		
Compute Time: 21dic.2023, 06:03:26		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Eleme...	Volume Units:	☒ MM ☐ 1000 M3	Sorting: Hydrolo... ▾
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-2	0,11	2,2	01ene.2000, 01:35	112,01
Subbasin-1	0,02	0,7	01ene.2000, 01:20	112,01
inicio	0,13	2,7	01ene.2000, 01:30	112,01
Subbasin-3	0,12	2,5	01ene.2000, 01:35	112,01
Reach-1	0,25	5,0	01ene.2000, 01:50	112,10
Subbasin-5	0,20	3,1	01ene.2000, 01:45	111,73
Reach-3	0,20	3,1	01ene.2000, 01:50	111,67
Junction-1	0,45	8,1	01ene.2000, 01:50	111,91
Subbasin-7	0,17	2,9	01ene.2000, 01:40	111,97
Subbasin-6	0,10	2,1	01ene.2000, 01:30	112,01
Subbasin-4	0,09	1,9	01ene.2000, 01:30	112,01
Subbasin-8	0,07	1,7	01ene.2000, 01:25	112,01
Reach-2	0,88	15,6	01ene.2000, 02:00	111,92
Sink-1	0,88	15,6	01ene.2000, 02:00	111,92

Ilustración 9. Resultados del modelo para un TR de 25 Años.**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**



Project: canal_Cantaclaro Simulation Run: Run 50				
Start of Run: 01ene.2000, 00:00		Basin Model: area_de_drenaje		
End of Run: 01ene.2000, 06:00		Meteorologic Model: 50		
Compute Time:21dic.2023, 06:03:53		Control Specifications:Control 1		
Show Elements: All Eleme...	Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3		Sorting: Hydrolo...	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-2	0,11	2,6	01ene.2000, 01:35	132,53
Subbasin-1	0,02	0,8	01ene.2000, 01:20	132,53
inicio	0,13	3,2	01ene.2000, 01:30	132,53
Subbasin-3	0,12	2,9	01ene.2000, 01:35	132,53
Reach-1	0,25	5,9	01ene.2000, 01:50	132,64
Subbasin-5	0,20	3,7	01ene.2000, 01:45	132,21
Reach-3	0,20	3,7	01ene.2000, 01:50	132,14
Junction-1	0,45	9,5	01ene.2000, 01:50	132,42
Subbasin-7	0,17	3,5	01ene.2000, 01:40	132,49
Subbasin-6	0,10	2,5	01ene.2000, 01:30	132,53
Subbasin-4	0,09	2,3	01ene.2000, 01:30	132,53
Subbasin-8	0,07	2,0	01ene.2000, 01:25	132,53
Reach-2	0,88	18,5	01ene.2000, 02:00	132,43
Sink-1	0,88	18,5	01ene.2000, 02:00	132,43

Ilustración 10. Resultados del modelo para un TR de 50 Años.**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

Project: canal_Cantaclaro Simulation Run: Run 100				
Start of Run: 01ene.2000, 00:00		Basin Model: area_de_drenaje		
End of Run: 01ene.2000, 06:00		Meteorologic Model: 100		
Compute Time:21dic.2023, 06:04:19		Control Specifications:Control 1		
Show Elements: All Eleme...	Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3		Sorting: Hydrolo...	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-2	0,11	3,1	01ene.2000, 01:35	156,51
Subbasin-1	0,02	0,9	01ene.2000, 01:20	156,51
inicio	0,13	3,8	01ene.2000, 01:30	156,51
Subbasin-3	0,12	3,4	01ene.2000, 01:35	156,51
Reach-1	0,25	6,9	01ene.2000, 01:50	156,64
Subbasin-5	0,20	4,3	01ene.2000, 01:45	156,12
Reach-3	0,20	4,3	01ene.2000, 01:50	156,05
Junction-1	0,45	11,2	01ene.2000, 01:50	156,38
Subbasin-7	0,17	4,1	01ene.2000, 01:40	156,45
Subbasin-6	0,10	3,0	01ene.2000, 01:30	156,51
Subbasin-4	0,09	2,7	01ene.2000, 01:30	156,51
Subbasin-8	0,07	2,4	01ene.2000, 01:25	156,51
Reach-2	0,88	21,7	01ene.2000, 02:00	156,40
Sink-1	0,88	21,7	01ene.2000, 02:00	156,40

Ilustración 11. Resultados del modelo para un TR de 100 Años.**Fuente: Elaborado por la presente consultoría.**

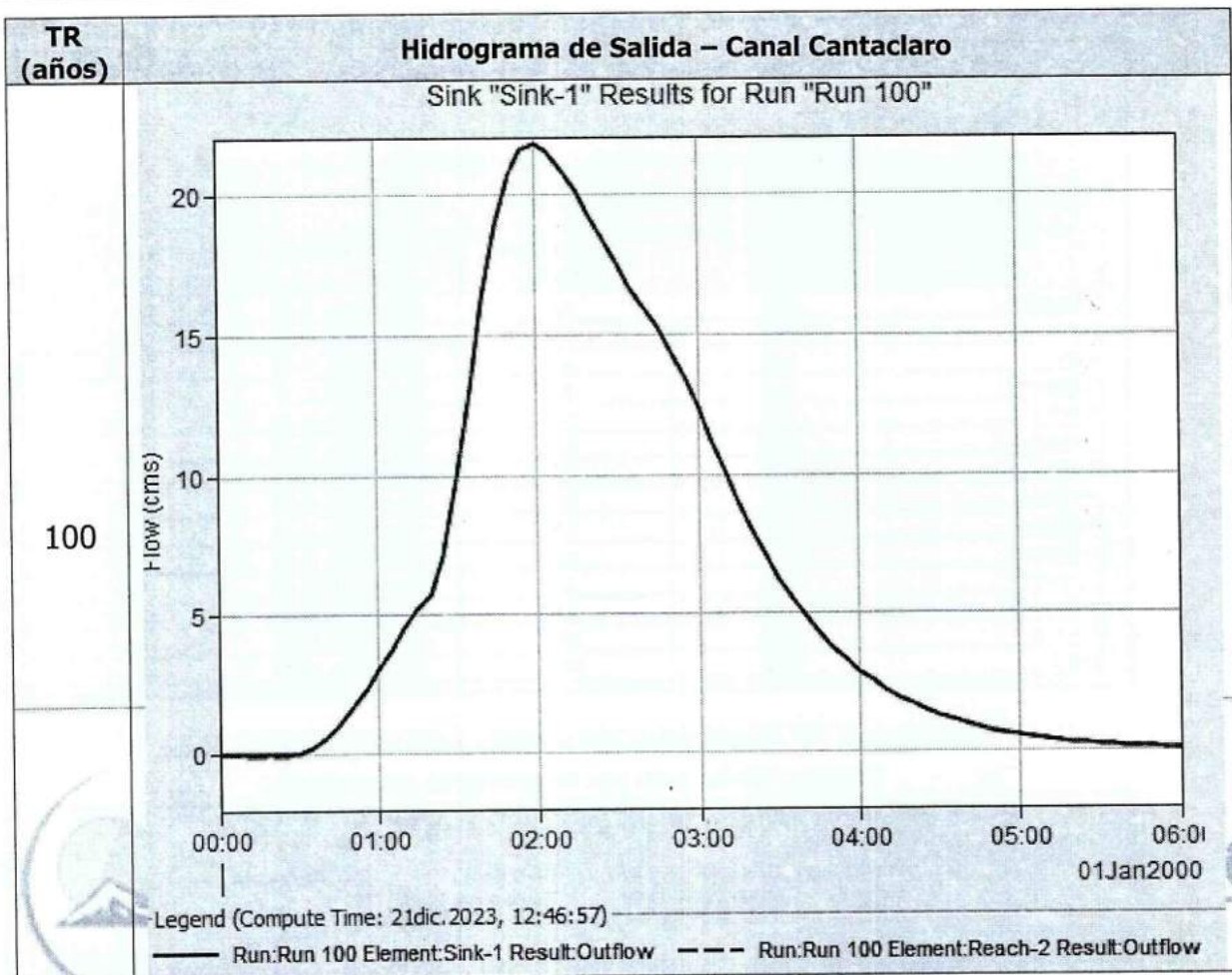


Ilustración 12. Hidrograma de Salida para un Tr 100 años

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

11.4 ESTUDIO HIDRÁULICO

Según se consigna en Universidad del Cauca – CRC- INGEOMINAS (2005). existen numerosos programas para modelar las condiciones hidráulicas y morfológicas en ríos; dichos programas varían en el grado de sofisticación y fiabilidad.

Para la simulación se utilizará el modelo matemático HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System). el cual es un paquete integrado de programas de análisis hidráulico desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. que efectúa los cálculos de perfiles de la superficie de agua para flujos gradualmente variados y permanentes.

Para el manejo del modelo matemático es necesario ingresar al programa los datos de geometría y los datos de flujo del sistema. El primer paso para la conformación del modelo



hidráulico se constituye en establecer la geometría de la corriente superficial. Los datos geométricos fundamentales son las diversas secciones transversales a lo largo del cauce; dichas secciones se introducen mediante cotas de varios puntos a lo largo de la sección y mediante la cota de dos secciones contiguas. separadas por una distancia conocida; el modelo calcula la pendiente de ese tramo.

Para todas las secciones se definirán los coeficientes de rugosidad de Manning. las orillas del canal y las distancias entre las secciones tanto por el eje principal como por las orillas.

11.4.1 Datos de entrada.

La metodología descrita se desarrolló a través del software de modelación de canales HEC-RAS. el cual proporciona datos específicos del comportamiento de caudal dentro de un canal. teniendo como datos de entrada: la geometría. el caudal. los valores de Manning.

11.4.2 Geometría: Levantamiento topográfico.

El levantamiento topográfico fue realizado por la presente consultoría y comprende un tramo de 780 m del canal Cantacclaro. A partir de esta topografía se creó un modelo de elevación digital en el sistema de información geográfica SIG ArcGIS. Luego a través la herramienta RAS Mapper fue posible exportar la geometría al software Hec Ras.

A continuación, se muestra el modelo de elevación digital MED creado a partir de la información topográfica en el sistema de información geográfica SIG ArcGIS.

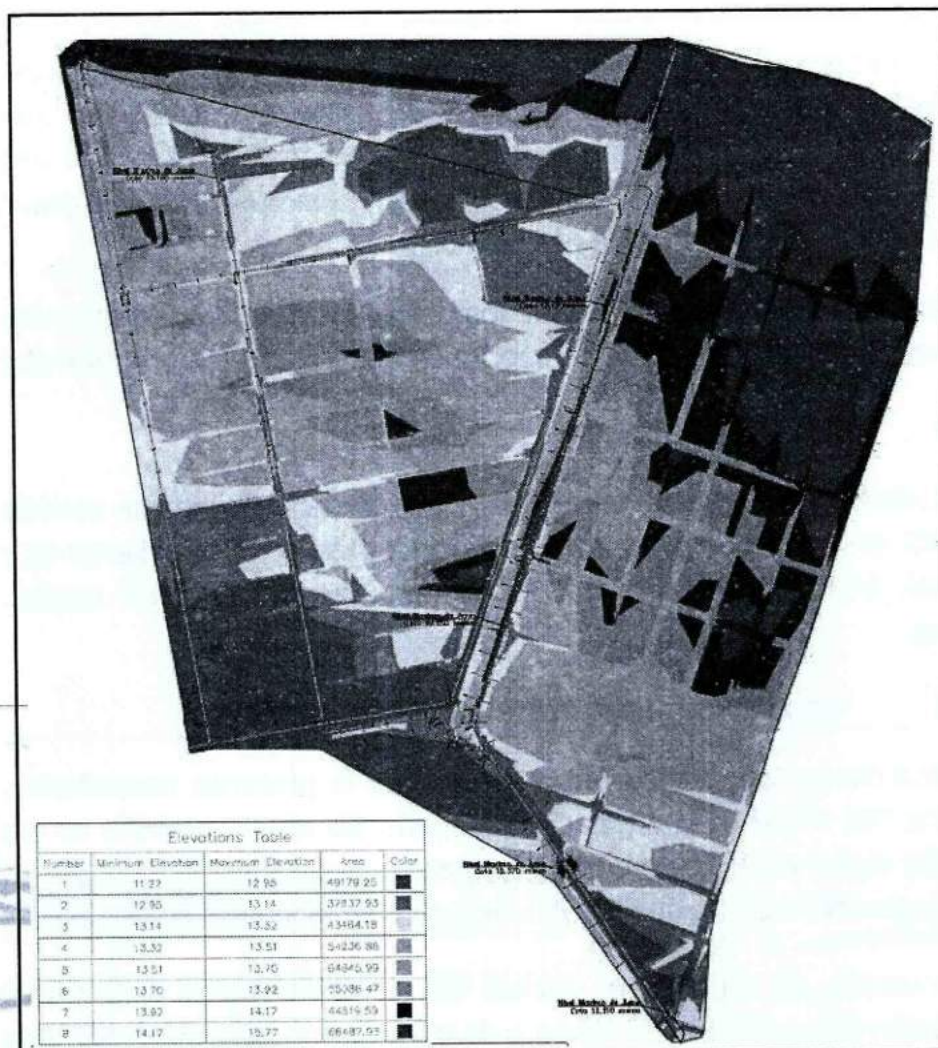


Figura 23. MED área de estudio
Fuente. Elaborado por la presente consultoría

11.4.3 El número de Manning

El número de Manning es un coeficiente que depende del tipo de material de la superficie del canal y que representa la resistencia al flujo.

En la siguiente tabla se presentan algunos valores de n Manning de acuerdo con el tipo de material del conducto.



Valores del coeficiente de rugosidad de Manning	
Material	n
CONDUCTOS CERRADOS	
Asbesto – cemento	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0.012 - 0.015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0.015 - 0.017
Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal corrugado	0.022 - 0.026
Coletores de ladrillo	0.013 - 0.017
CONDUCTOS ABIERTOS	
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.020
Canal excavado	0.018 - 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035

Tabla 29. Coeficiente de Manning.

Fuente. Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS (MINVIVIENDA, 2016).

Para la modelación se selecciona un "N" de Manning igual a 0.025 para el fondo de los canales y de 0.030 los taludes. Estudios Geotécnicos y Ambientales

11.4.4 Caudales de diseño

Los caudales de diseño fueron calculados en el numeral 11.3.9.

River	Reach	RS	2.33	5	10	25	50	100
1 Canal Cantadaro	tramo_1	771	2.8	3.5	4.2	5.2	6.1	7.2
2 Canal Cantadaro	tramo_1-Lower	270	4.5	5.4	6.5	8.2	9.5	11.2
3 canal_cra_25	canal_cra_25	140	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.3

Tabla 30. Caudales de diseño.

Fuente. Elaborado por la presente consultoría

11.5 MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LOS CANALES EN CONDICIONES ACTUALES.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelación en el software HEC-Ras para las condiciones actuales del canal Cantadaro.

11.5.1 Vista en planta

A continuación, se presenta la vista en planta con las secciones transversales pertenecientes al canal Cantaclaro en la cual se aprecian los meandros de los canales y el sentido del flujo.

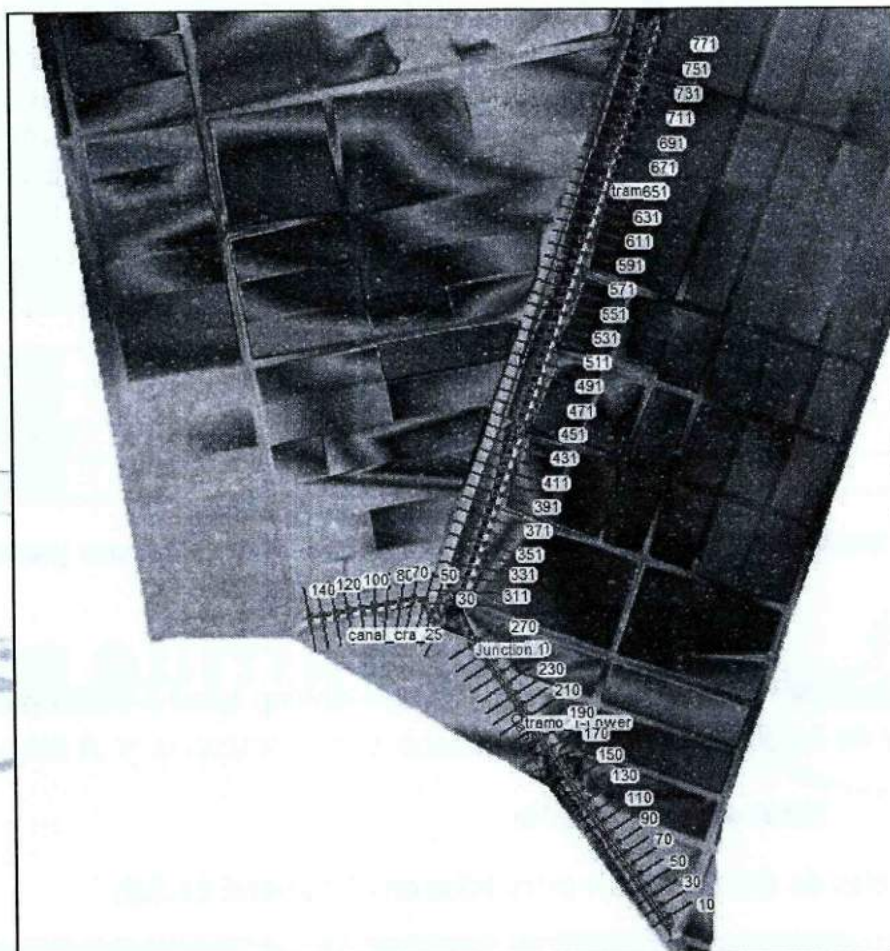


Figura 24. Vista en planta del tramo analizado.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

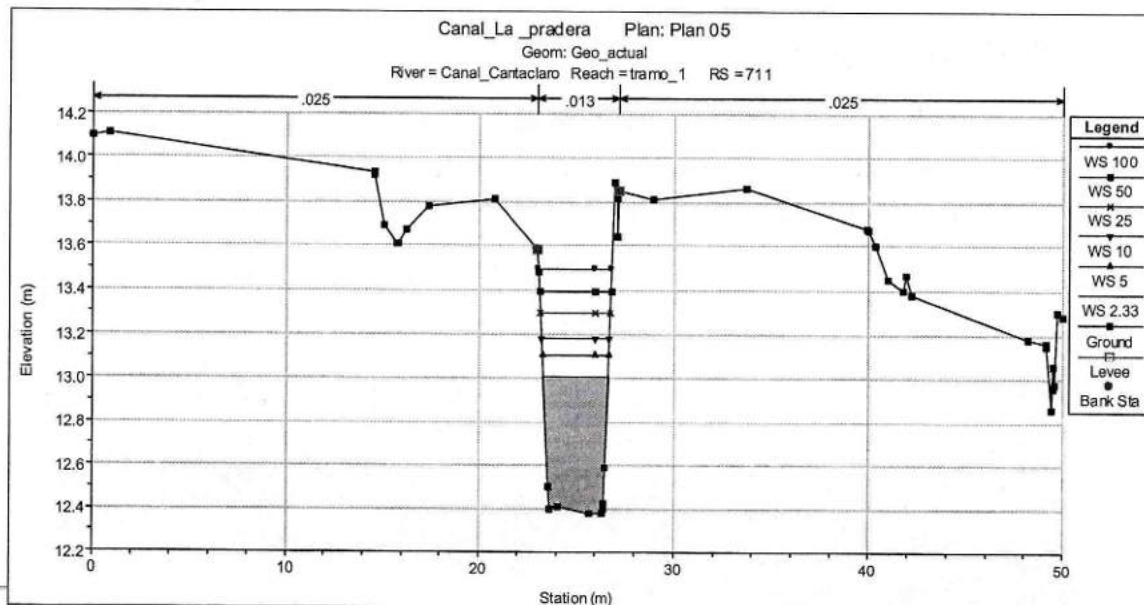
11.5.2 Secciones transversales

A continuación, se presentan algunas secciones del tramo modelado del canal para diferentes periodos de retorno en el software HEC – Ras.



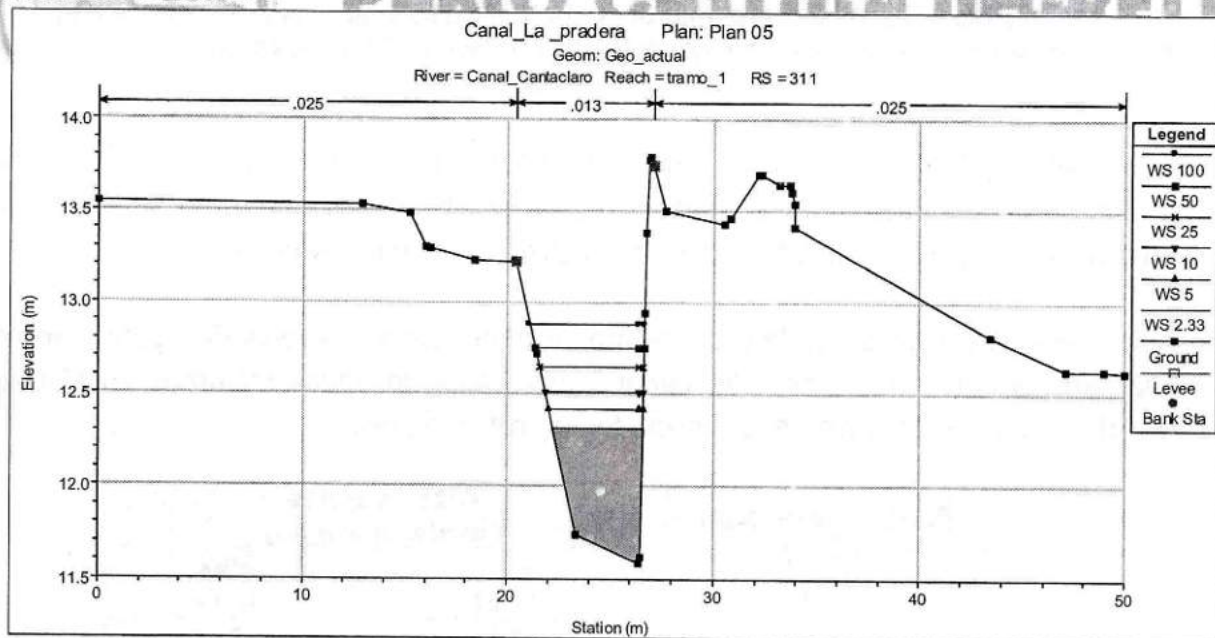
- Secciones transversales

Sección K0+711



Gráfica 7. Sección K0+711. con los niveles de agua generados por los periodos de retorno.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría. con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

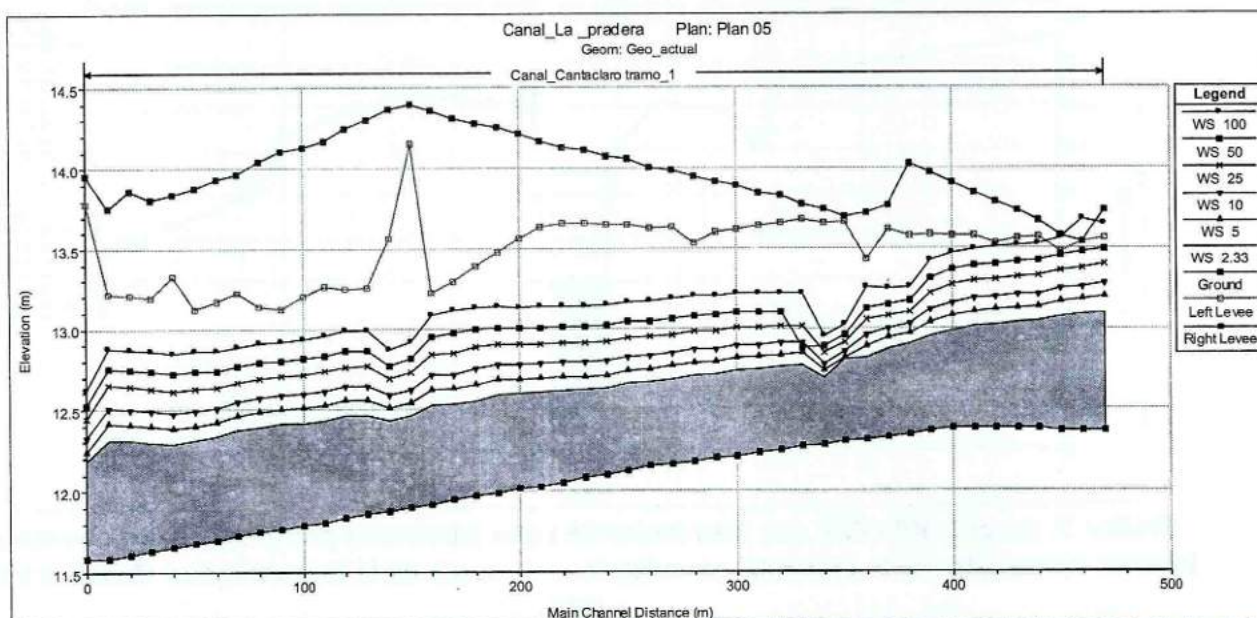
Sección K4+300



Gráfica 8. Sección K4+300. con los niveles de agua generados por los periodos de retorno.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría. con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

Las secciones transversales muestran que el canal existente cumple con la capacidad suficiente para transportar los caudales correspondientes a los periodos de retorno analizados hasta 100 años.

• Perfil Longitudinal



Gráfica 9. Perfil Longitudinal del Caño Cantaclaro modelado en HEC – RAS.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

En el perfil anterior se observa que el fondo del canal es regular con una pendiente promedio de 0.14% y que, si bien es baja, permite el paso del flujo sin obstrucciones adicionales a los cambios de sección o estructuras de paso vehicular.

Adicionalmente a partir de la modelación se tiene que los niveles de aguas máximas no superan las cotas de corona del canal. Los niveles de aguas máximas en el tramo de estudio del canal para diferentes periodos de retorno son:

Periodo de retorno (años)	Cota de aguas Cuneta (m.s.n.m.)	
	Min	Max
100	12.62	13.68
50	12.52	13.47
25	12.45	13.38
10	12.32	13.26
5	12.24	13.17

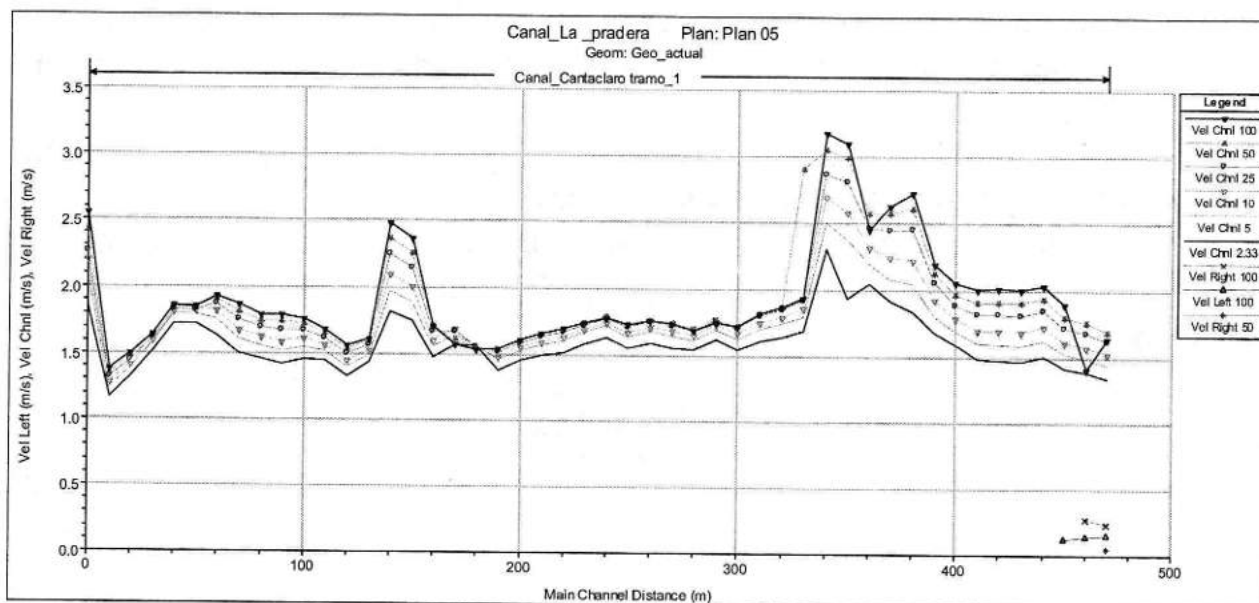


Periodo de retorno (años)	Cota de aguas Cuneta (m.s.n.m.)	
	Min	Max
2.33	12.19	13.08

Tabla 31. Nivel de aguas máximas cuneta periodo de retorno 100 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

- **Régimen del flujo.**

Se determinó la velocidad del flujo en el eje de cada sección a lo largo del tramo estudiado y para los caudales calculados para los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años



Gráfica 10. Velocidad del flujo al largo del tramo de estudio.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría. con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

Las velocidades en el tramo del canal evaluado varían entre 1.20 y 3.18 m/s para todos los periodos de retorno.

- **Clasificación del flujo: Número de Froude.**

El mecanismo principal que sostiene el flujo en un canal abierto es la fuerza de gravitación. Por ejemplo. la diferencia de altura entre dos embalses hará que el agua fluya a través de un canal que los conecta. El parámetro que representa este efecto gravitacional es el Número de Froude.

La fórmula para determinar el número de Froude es la siguiente:

$$Fr^2 = \frac{V^2}{g \times L}$$

Dónde:

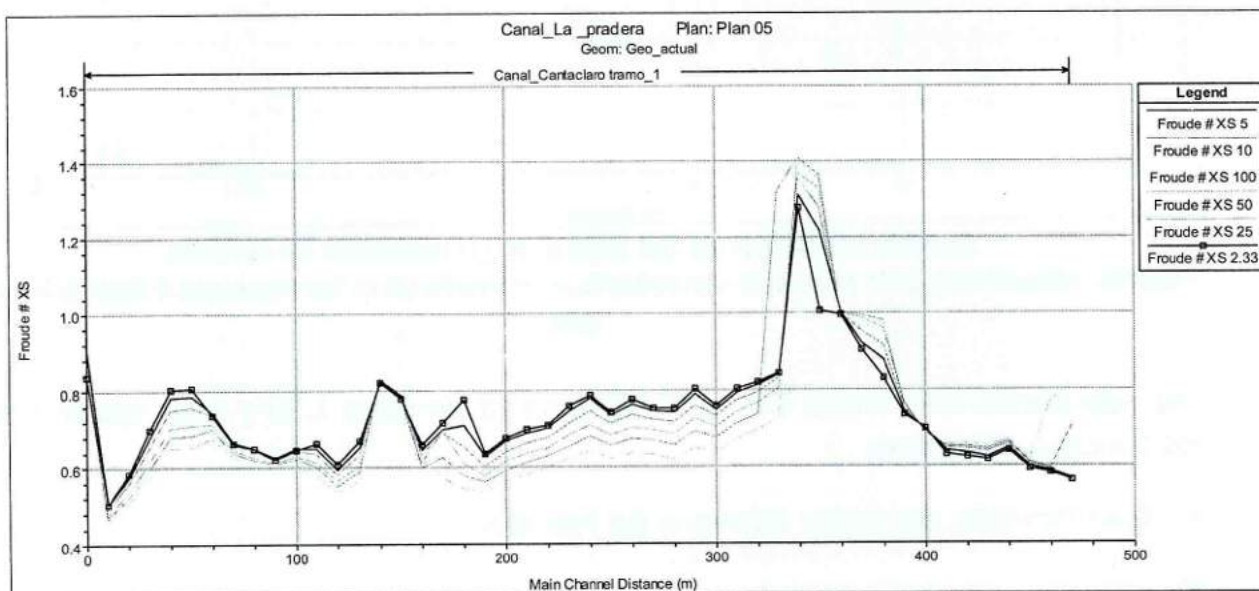
L: Parámetro de longitud (m).

V: Parámetro de velocidad (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (m/s²).

El flujo se clasifica como:

- $Fr < 1$. Flujo subcrítico o tranquilo. tiene una velocidad relativa baja y la profundidad es relativamente grande. prevalece la energía potencial corresponde a un régimen de llanura.
- $Fr = 1$. Flujo crítico. es un estado teórico en corrientes naturales y representa el punto de transición entre los regímenes subcrítico y supercrítico.
- $Fr > 1$. Flujo supercrítico o rápido. tiene una velocidad relativamente alta y poca profundidad prevalece la energía cinética. Propios de cauces de gran pendiente o ríos de montaña.



Gráfica 11. Numero de Froude al largo del tramo de estudio.

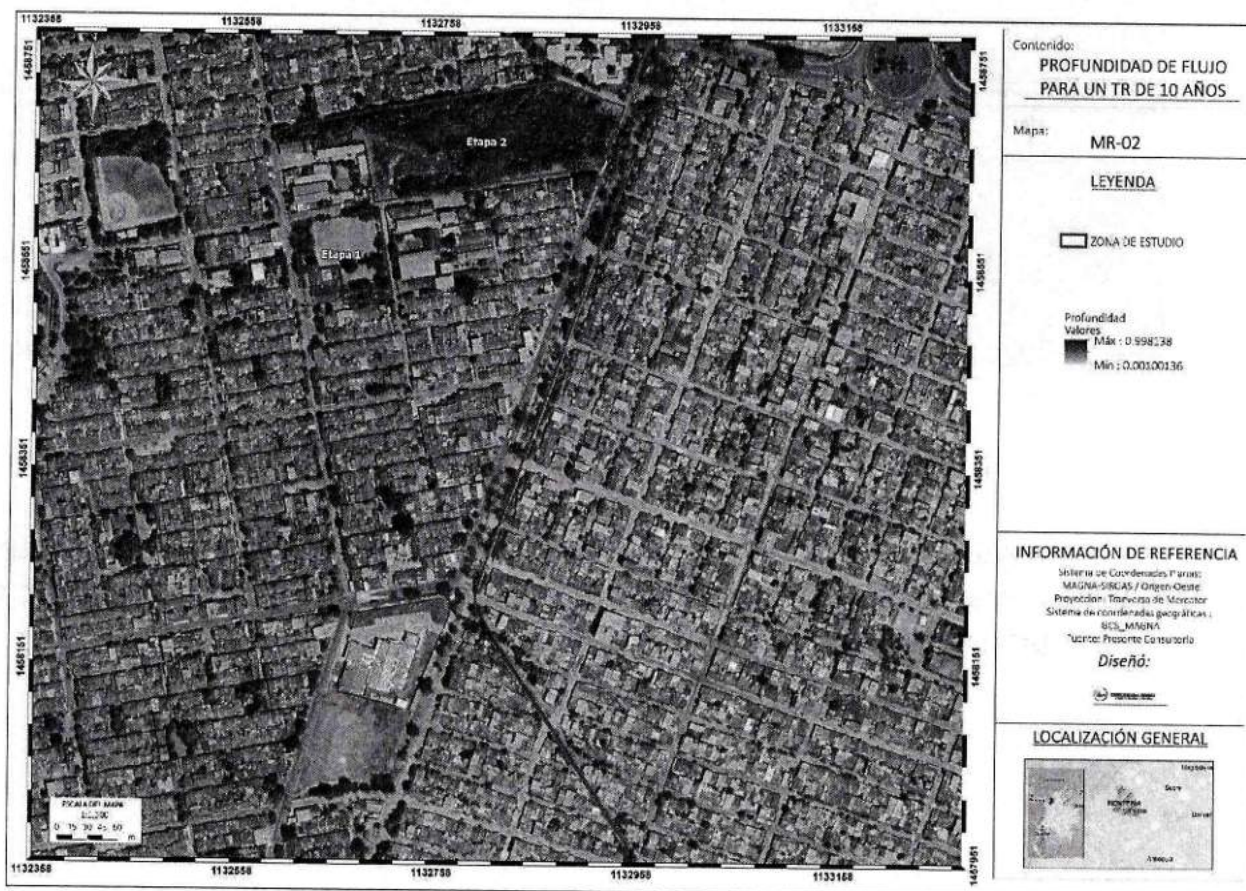
Fuente: Elaborado por la presente consultoría. con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

El número de Froude a lo largo del tramo analizado varía entre 0.50 y 1.40, es decir, que se presentan tramos con flujo supercrítico lo cual conlleva a revisar el revestimiento existente con el fin de analizar posibles procesos erosivos.

11.6 RESULTADOS OBTENIDOS (RASTER).

Conforme con la modelación hidráulica realizada y la metodología planeada para la zonificación de la amenaza por inundación se muestra los resultados obtenidos, es decir los mapas de niveles de agua dentro de los lotes objeto de estudio para los diferentes periodos de retorno, también, la velocidad del flujo, los valores de la velocidad por profundidad y la zonificación de la amenaza.

11.6.1 Profundidad del flujo



En la figura anterior se observa la mancha de inundación obtenida de acuerdo al análisis hidráulico correspondiente al caudal para un periodo de retorno de 10 años y dando como resultado profundidades entre 0.001 a 0.998 m.



Figura 26. Niveles de agua para Tr 50 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

En la figura anterior se observa la mancha de inundación obtenida de acuerdo al análisis hidráulico correspondiente al caudal para un periodo de retorno de 50 años y dando como resultado profundidades entre 0.001 a 1.215 m.

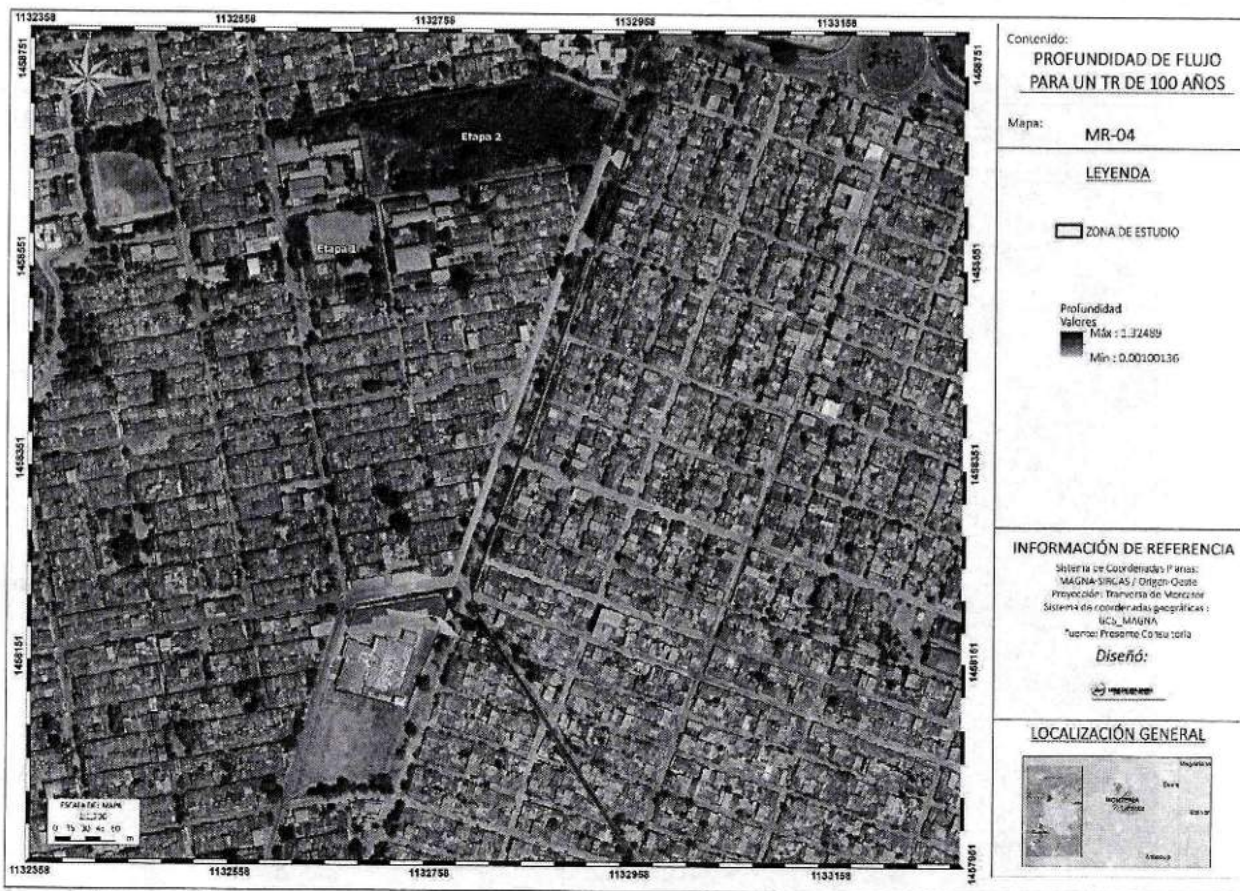


Figura 27. Niveles de agua para Tr 100 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

En la figura anterior se observa la mancha de inundación obtenida de acuerdo al análisis hidráulico correspondiente al caudal para un periodo de retorno de 100 años y dando como resultado profundidades entre 0.001 a 1.325 m.

11.6.2 Velocidad del flujo



Figura 28. Velocidad del flujo para Tr 10 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Dada la cota máxima para el periodo de retorno de 10 años, el canal cercano a los lotes objeto de estudio se presenta velocidades de 3.00 m/s aproximadamente.

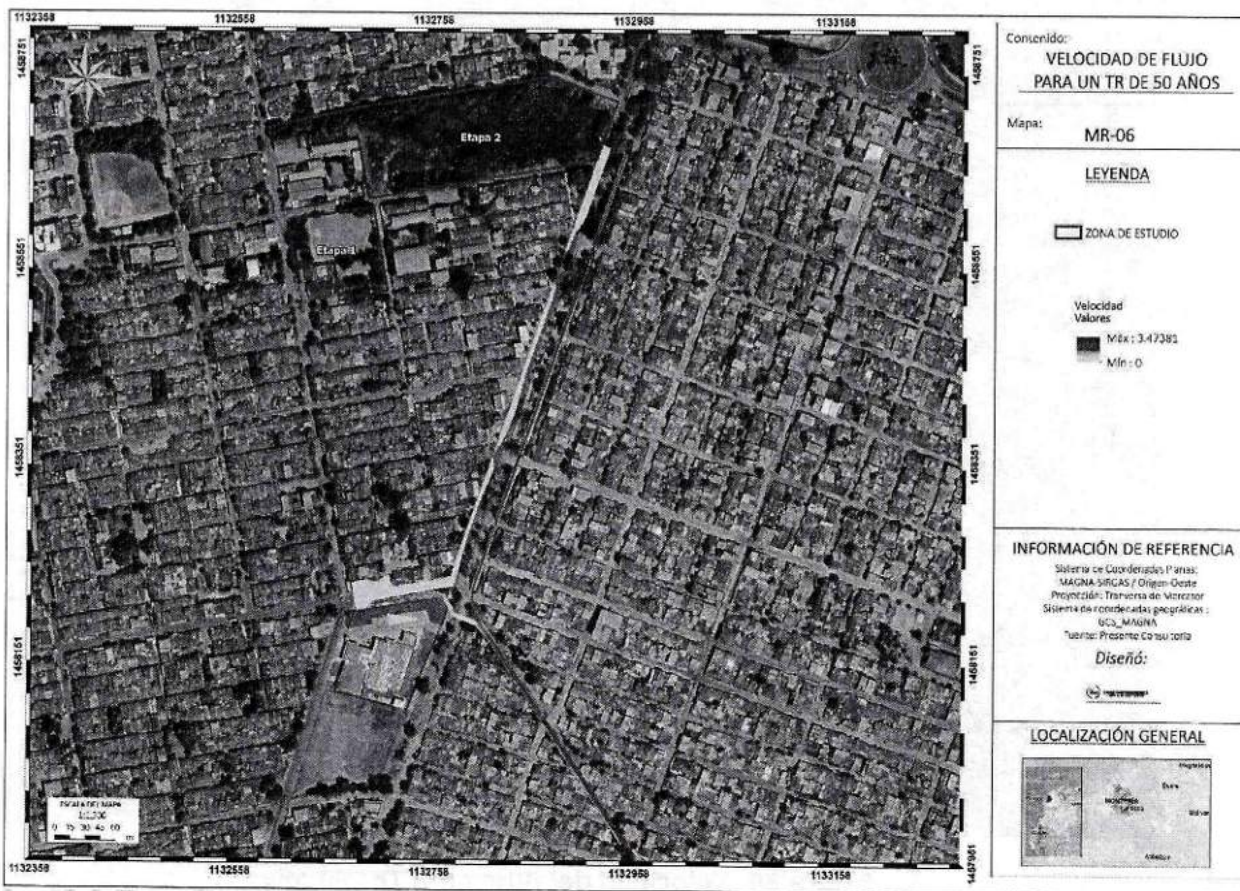


Figura 29. Velocidad del flujo para Tr 50 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Dada la cota máxima para el periodo de retorno de 50 años, el canal cercano a los lotes objeto de estudio se presenta velocidades hasta 3.474 m/s aproximadamente.



Figura 30. Velocidad del flujo para Tr 100 años.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Dada la cota máxima para el periodo de retorno de 100 años, el canal cercano a los lotes objeto de estudio se presenta velocidades hasta 3.641 m/s aproximadamente.

11.6.3 Velocidad por profundidad del flujo

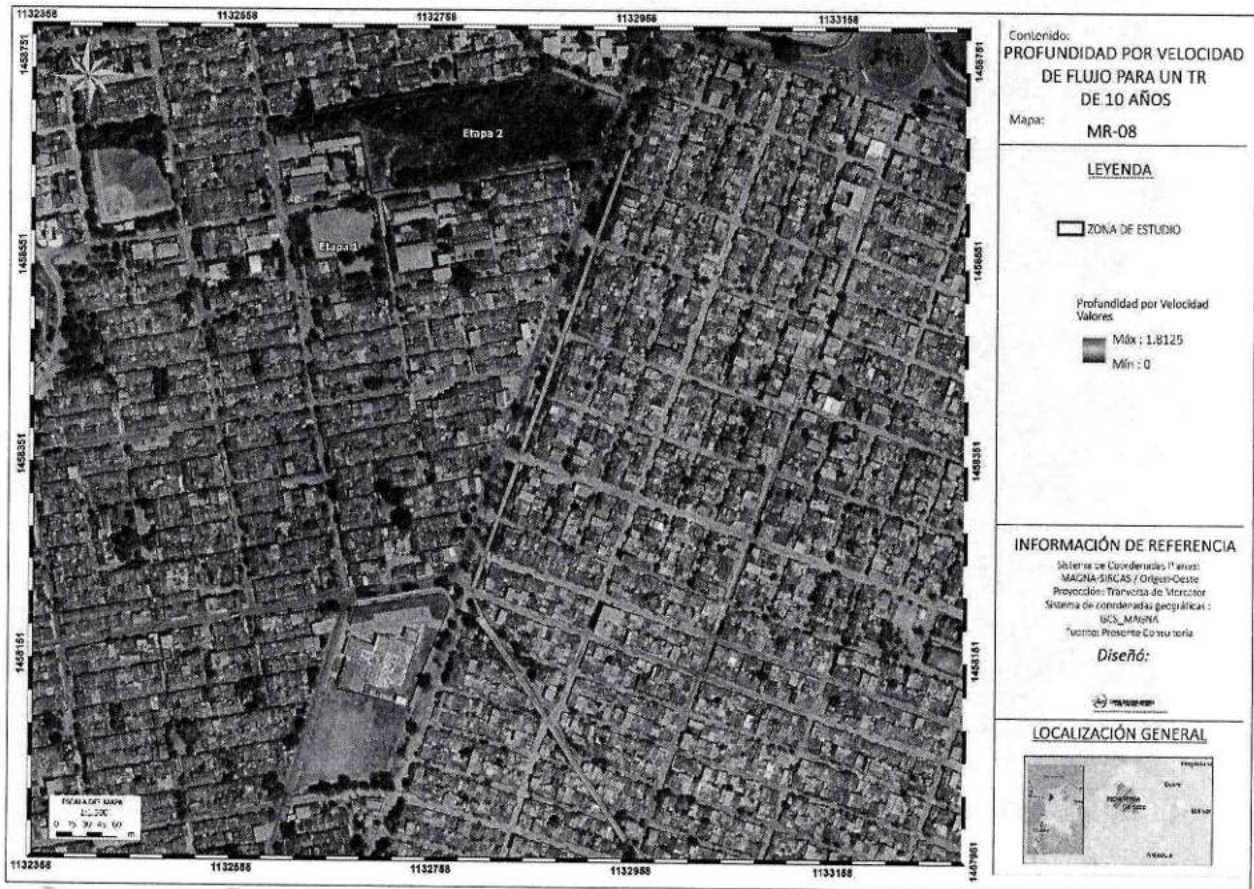


Figura 31. Velocidad por profundidad del flujo para un Tr de 10 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Dada la cota máxima para el periodo de retorno de 10 años, el canal cercano a los lotes objeto de estudio se presenta valores de velocidad por profundidad de $1.812 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 32. Velocidad por profundidad del flujo para un Tr de 50 años.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Dada la cota máxima para el periodo de retorno de 50 años, el canal cercano a los lotes objeto de estudio se presenta valores de velocidad por profundidad de $2.615 \text{ m}^3/\text{s}$.

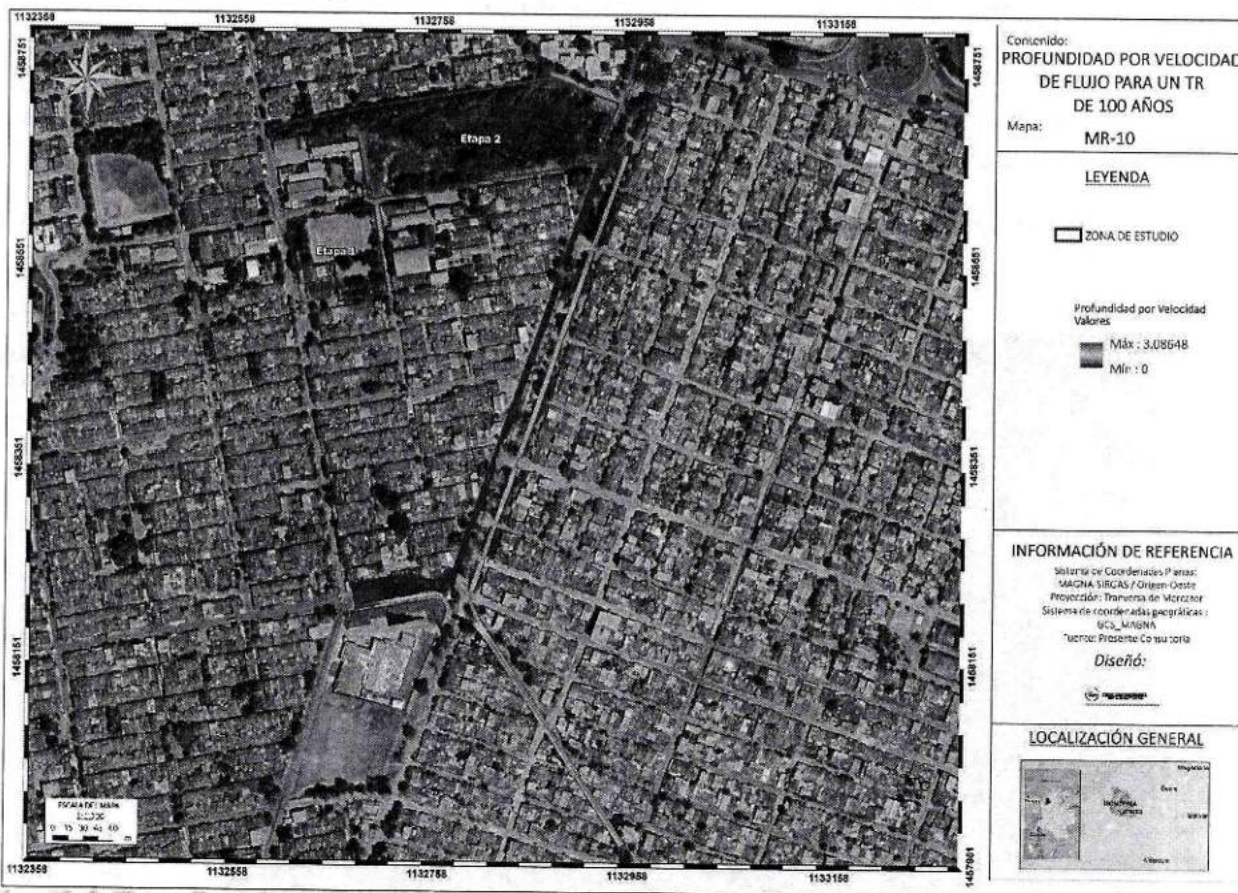


Figura 33. Velocidad por profundidad del flujo para un Tr de 100 años.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Dada la cota máxima para el periodo de retorno de 100 años, el canal cercano a los lotes objeto de estudio se presenta valores de velocidad por profundidad de 3.086 m³/s².

11.6.4 Zonificación de la amenaza por inundación

Conforme con la metodología planteada, a continuación, se muestra los resultados obtenidos de la multiplicación de los ráster de velocidad del flujo y la profundidad para los diferentes periodos de retorno.

Se tendría la siguiente categorización de acuerdo con La Agencia Federal para Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (FEMA):

Categoría de la inundación	Profundidad * Velocidad (m ³ /s ²)	Zonificación de la amenaza por inundación
Bajo	<0.2	BAJA
Medio	0.2-0.5	MEDIA
Alta	0.5-1.5	ALTA

Categoría de la inundación	Profundidad * Velocidad ($m^3/m^2/s$)	Zonificación de la amenaza por inundación
Muy Alta	1.5-2.5	
Extrema	>2.5	

Tabla 32. Zonificación de la amenaza (FEMA)

Fuente. Adaptado de guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación del IDEAM.



Figura 34. Mapa de zonificación de la amenaza para Tr de 10 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

En la figura anterior se observa la zonificación de la amenaza obtenida de acuerdo al análisis hidráulico correspondiente a un periodo de retorno de 10 años, donde predomina la amenaza alta con 76.44% de la mancha de inundación seguidamente la amenaza baja con 15.98% y amenaza media con 7.58%.



Figura 35. Mapa de zonificación de la amenaza para Tr de 50 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

En la figura anterior se observa la zonificación de la amenaza obtenida de acuerdo al análisis hidráulico correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, donde el 51.72% de la mancha de inundación es de amenaza baja, seguidamente el 44.08% con amenaza alta y tan solo el 4.20% dentro de la categoría de alta.



Figura 36. Mapa de zonificación de la amenaza para Tr de 100 años.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

En la figura anterior se observa la zonificación de la amenaza obtenida de acuerdo al análisis hidráulico correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, donde la amenaza baja posee el 62.04% de la mancha de inundación, la amenaza alta el 34.37% y la amenaza media 3.59%.

Por último, la zonificación de la amenaza por inundación por parte de los tramos de los canales de Cantaclaro y Pradera, la evaluación de riesgo tiene un periodo de retorno de 100 años dentro del área de estudio.

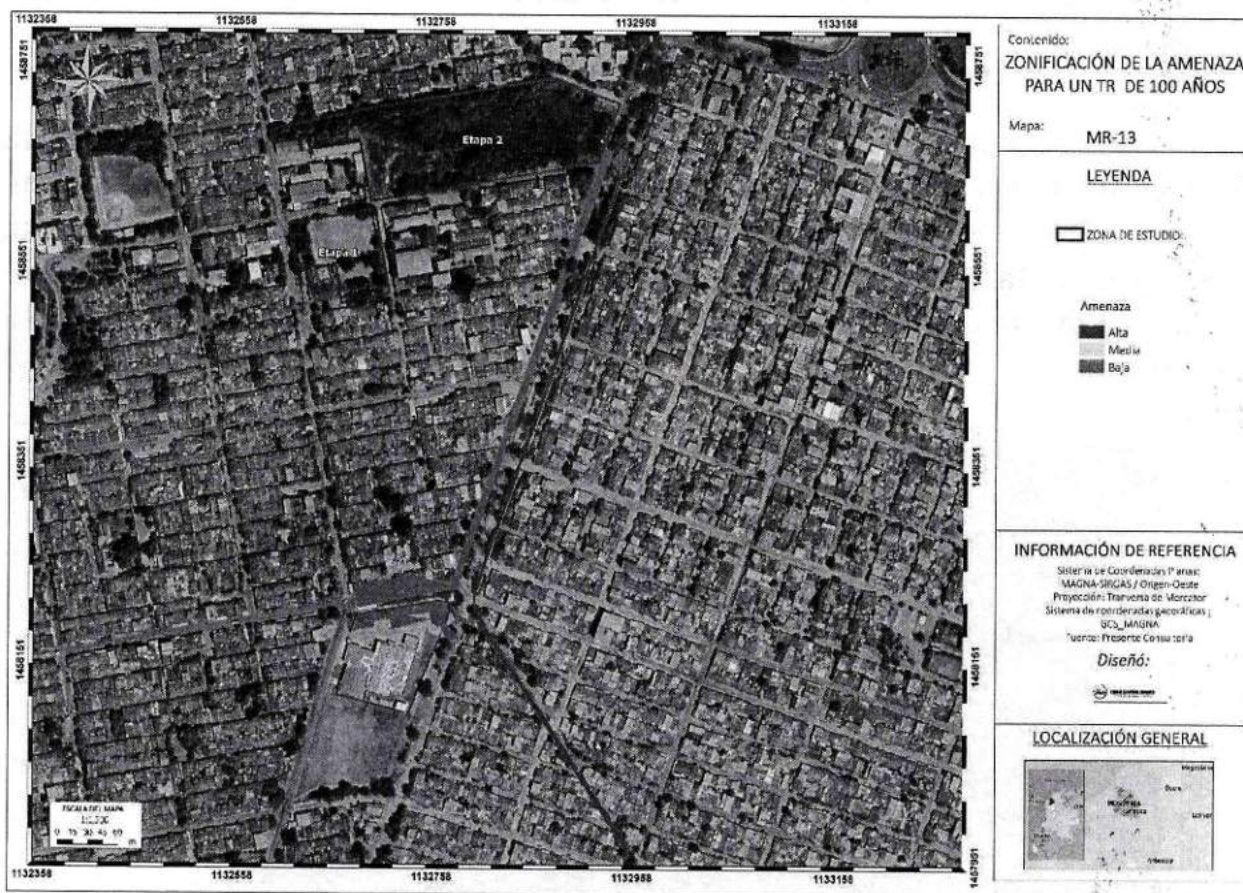


Figura 37. Mapa de zonificación de la amenaza en la zona de estudio Tr 100 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

De acuerdo con el mapa anterior se puede evidenciar que el 62.04% de la mancha de agua se encuentra dentro de una zonificación de amenaza baja para un periodo de retorno de 100 años (probabilidad de ocurrencia 1%), predominando alturas de lámina de aguas de hasta 1.32m.

12 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Conforme con Artículo 17. Evaluación de vulnerabilidad del Decreto 1807 del 2014 se deben considerar los siguientes aspectos:

- Identificar y localizar en cartográfica de los elementos expuestos.
- Establecer las características en cuanto al tipo de elemento, su exposición y la resistencia que ofrece ante el evento amenazante.
- Identificar los efectos o daños esperados.
- Zonificación de la vulnerabilidad alta, media, baja.

12.1 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN CONDICIONES ACTUALES.

12.1.1 Identificación y localización de los elementos expuestos.

Al correlacionar cartográficamente las capas de información sobre la amenaza por inundación del canal Canta Claro con las infraestructuras identificadas, como las edificaciones residenciales y las vías, se observa que ninguna de las estructuras existentes está expuesta. Por lo tanto, no se lleva a cabo el análisis de vulnerabilidad, considerando como premisa que la configuración de estos dos escenarios es esencial para que exista riesgo.



13 EVALUACIÓN DEL RIESGO

Debido a que el riesgo corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente,



la presente consultoría demuestra que no se registran eventos de inundación en la zona de estudio para el período de retorno de 100 años. Por lo tanto, no se cuenta con vulnerabilidad en relación a la amenaza y en consecuencia de esto no se genera riesgo, que se obtiene de la matriz de amenaza y vulnerabilidad.

14 DETERMINACIÓN DE MITIGABILIDAD O NO MITIGABILIDAD DEL RIESGO

Conforme al Decreto 1807 de 2014 para la prevención, mitigación del riesgo y/o reducción de la amenaza y/o vulnerabilidad, el estudio de evaluación de riesgo planteara medidas que pueden ser estructurales y no estructurales.

Las medidas estructurales son medidas físicas encaminadas a las acciones y obras para atender las condiciones de riesgo ya existentes. En la determinación de este tipo de medidas se deben considerar los potenciales efectos que producirá aguas abajo.

Las medidas no estructurales son orientadas a regular el uso, la ocupación y aprovechamiento del suelo mediante la determinación de normas urbanísticas, proyectados para la implementación de sistemas de alertas tempranas en los casos que aplique, así como la socialización y apropiación cultural de los principios de responsabilidad y precaución.

Considerando que el canal Canta Claro posee la capacidad hidráulica necesaria para transportar caudales correspondientes a un periodo de retorno de 100 años, es importante señalar que las estructuras hidráulicas actuales encargadas de dirigir el flujo de agua de las vías hacia el canal, ocasionan estancamiento de las aguas. Esto se debe a deficiencias en las secciones hidráulicas o a limitaciones de espacio que afectan el adecuado desarrollo de las estructuras, como se detalla en la Tabla 11. Estructuras hidráulicas que generan escenarios de estancamiento de agua pluvial Tabla 11.

14.1 Medidas estructurales.

Con la finalidad de obtener conceptos favorables y continuar con los trámites de la licencia de urbanismo y/o construcción, de acuerdo con las directrices del Acta N°10 del Concejo Municipal del Riesgo de Desastres de Montería, que a su vez, regula los condicionamientos para adelantar procesos de urbanización, parcelación y/o construcción en zonas de áreas de amenaza alta, media y baja por fenómeno de inundación; contemplados en el Artículo 105 del Acuerdo 003 de 2021 del Concejo Municipal de Montería, por el cual se adopta una revisión ordinaria general del Plan de Ordenamiento Territorial de Montería.

De acuerdo con la modelación con caudal asociado para un periodo de 100 años del canal Canta Claro en condiciones actuales, la presente consultoría recomienda la construcción de rellenos mínimo por encima de la cota 13.68 msnm, más un borde libre de 0.30 m, es decir, **13.98 msnm**.



Figura 39. Localización del predio.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

La construcción de los rellenos, por encima de la cota obtenida para un periodo de 100 años evitará que niveles de inundación superiores o iguales a este periodo de retorno puedan afectar el proyecto

Se destaca que a partir de nivel de relleno mínimo del terreno de adelantan los estudios hidráulicos para garantiza el buen funcionamiento de los sistemas de drenajes y subdrenaje de los escenarios deportivos proyectados.

En este sentido, el diseño y cálculo para el manejo de aguas superficiales y subsuperficiales se presentan en el estudio denominado "0524048 ESTUDIO HEH UNIDAD DEPORTIVA ETAPA 1 y ESTUDIO HEH UNIDAD DEPORTIVA ETAPA 2".

15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el análisis realizado, es posible concluir lo siguiente:

Conforme el estudio hidráulico e hidrológico del canal Canta Claro en lo dispuesto del área objeto se encuentra en amenaza baja para el periodo de retorno de 100 años; resultados a partir de la multiplicación de los ráster de profundidad y velocidad y zonificado de