INDICE							
Categoría	**Número de Documento**	**Fecha**	**Descripción**	**Observaciones**	**Tomo**	**N° de Folio**	**N° de Folio**
Oficios contratista de obra	CPRS-079-2024	30-oct-2024	Continuación Respuesta al Oficio COCS-460-CPRS-C-26-2024 Aprobación Estudio Volumen VI y Anexos.		92	18201	18383
Oficios contratista de interventoria	CTE-460-0103-2024	1-oct-2024	Respuesta_Oficio_CPRS-046-2024_Inf_Mens_1_V2.pdf		92	18384	18400

Continuación Respuesta al Oficio COCS-460-CPRS-C-26-2024 Aprobación Estudio Volumen VI y Anexos.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma I.N.V. E - 152 NTC - 1527

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M 20 TS***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*29-00 - 29-50*
SOLICITANTE:	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	FECHA DE TOMA:	*09-ago-24*
DESCRIPCION VISUAL:	*Arcilla limosa carmelito-gris con vetas oxidadas.*	FECHA ENTREGA:	*11-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	4,6	cm
Altura	9,3	cm
Area	16,62	cm²
Volumen	154,55	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	305,00	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	213,45	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	42,9	%

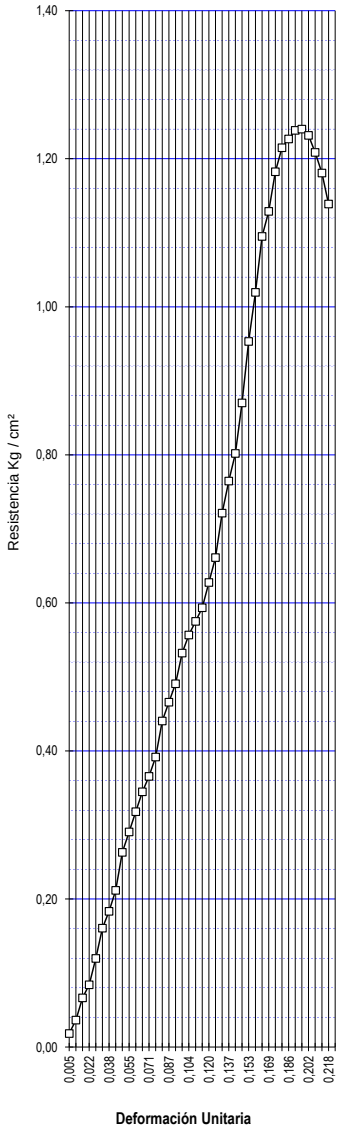

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	1,24
Cu (Kg./cm²)	0,62
Consistencia del suelo	Firme

PESO UNITARIO

Húmedo	1,973	g/cm³
Seco	1,381	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. 0,001"	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,003	0,3	0,020	0,0055	0,9945	16,71	0,02
0,006	0,6	0,040	0,0109	0,9891	16,80	0,04
0,011	1,1	0,060	0,0164	0,9836	16,90	0,07
0,014	1,4	0,080	0,0218	0,9782	16,99	0,08
0,020	2,0	0,100	0,0273	0,9727	17,09	0,12
0,027	2,8	0,120	0,0328	0,9672	17,18	0,16
0,031	3,2	0,140	0,0382	0,9618	17,28	0,18
0,036	3,7	0,160	0,0437	0,9563	17,38	0,21
0,045	4,6	0,180	0,0492	0,9508	17,48	0,26
0,050	5,1	0,200	0,0546	0,9454	17,58	0,29
0,055	5,6	0,220	0,0601	0,9399	17,68	0,32
0,060	6,1	0,240	0,0655	0,9345	17,78	0,34
0,064	6,5	0,260	0,0710	0,9290	17,89	0,37
0,069	7,1	0,280	0,0765	0,9235	17,99	0,39
0,078	8,0	0,300	0,0819	0,9181	18,10	0,44
0,083	8,5	0,320	0,0874	0,9126	18,21	0,47
0,088	9,0	0,340	0,0929	0,9071	18,32	0,49
0,096	9,8	0,360	0,0983	0,9017	18,43	0,53
0,101	10,3	0,380	0,1038	0,8962	18,54	0,56
0,105	10,7	0,400	0,1092	0,8908	18,66	0,58
0,109	11,1	0,420	0,1147	0,8853	18,77	0,59
0,116	11,9	0,440	0,1202	0,8798	18,89	0,63
0,123	12,6	0,460	0,1256	0,8744	19,01	0,66
0,135	13,8	0,480	0,1311	0,8689	19,13	0,72
0,144	14,7	0,500	0,1366	0,8634	19,25	0,76
0,152	15,5	0,520	0,1420	0,8580	19,37	0,80
0,166	17,0	0,540	0,1475	0,8525	19,49	0,87
0,183	18,7	0,560	0,1529	0,8471	19,62	0,95
0,197	20,1	0,580	0,1584	0,8416	19,75	1,02
0,213	21,8	0,600	0,1639	0,8361	19,88	1,10
0,221	22,6	0,620	0,1693	0,8307	20,01	1,13
0,233	23,8	0,640	0,1748	0,8252	20,14	1,18
0,241	24,6	0,660	0,1803	0,8197	20,27	1,21
0,245	25,0	0,680	0,1857	0,8143	20,41	1,23
0,249	25,4	0,700	0,1912	0,8088	20,55	1,24
0,251	25,7	0,720	0,1966	0,8034	20,69	1,24
0,251	25,7	0,740	0,2021	0,7979	20,83	1,23
0,248	25,3	0,760	0,2076	0,7924	20,97	1,21
0,244	24,9	0,780	0,2130	0,7870	21,12	1,18
0,237	24,2	0,800	0,2185	0,7815	21,26	1,14



CELDA DE CARGA	0,25	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
NiSt GM	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M 21 SPT***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*30,50 - 31,00*
SOLICITANTE	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	CORDENADAS:	
DESCRIPCION	*Arcilla algo limosa gris con oxidaciones y trazas de arena media.*	FECHA ENSAYO:	*02-ago-24*
		FECHA ENTREGA:	*07-ago-24*

LIMITE LIQUIDO			
Número de Golpes	35	26	18
Vidrio No.	6	206	8
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	21,46	19,47	19,07
Peso del suelo seco + vidrio (g)	16,65	15,15	14,63
Peso del vidrio (g)	5,07	5,12	4,79
% Humedad	41,5	43,1	45,1

LIMITE PLASTICO			H. NATURAL
Vidrio No.	199	173	84A
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	14,46	13,41	101,63
Peso del suelo seco + vidrio (g)	13,07	12,07	93,01
Peso del vidrio (g)	6,01	5,38	40,86
% Humedad	19,7	20,0	16,5

GRADACION			
P1 (grs) =	90,03	P2=	
Tamiz	**Peso retenido**	**% Retenido**	**% Pasa**
			100,0
200	14,78	16,4	83,6
F	75,3	83,6	

RESULTADOS

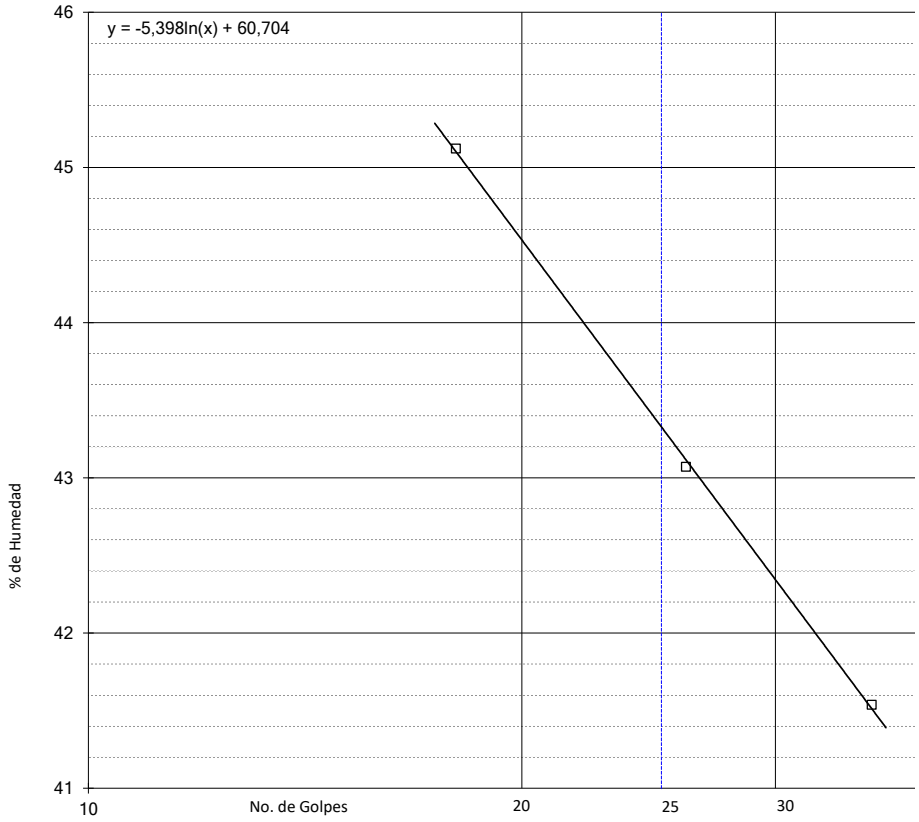
Límite Líquido	43,3	%
Límite Plástico	19,9	%
Indice Plasticidad	23,5	%

CLASIFICACION

Indice de Grupo	
A.A.S.H.T.O.	
U.S.C.S.	**CL**

% DE PARTICULAS - ANALISIS POR TAMIZADO

Grava		%
Arena	16,4	%
Fino	83,6	%
Cu		
Cc		



ELABORO *NiSt GM*
Tec.Laboratorista

REVISO *El GM*
Area Técnica

APROBO *Ad GM*
Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

18203

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma **I.N.V.** E - 152 **NTC** - 1527 | Pagina 23 de 56

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION VISUAL: *Arcilla limosa gris-verdoso.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 22 NQ***
PROFUND (m): *31,00 - 32,50*
FECHA DE TOMA: *08-ago-24*
FECHA ENTREGA: *09-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	4,5	cm
Altura	9,3	cm
Area	15,90	cm²
Volumen	147,91	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	288,18	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	213,19	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	35,2	%

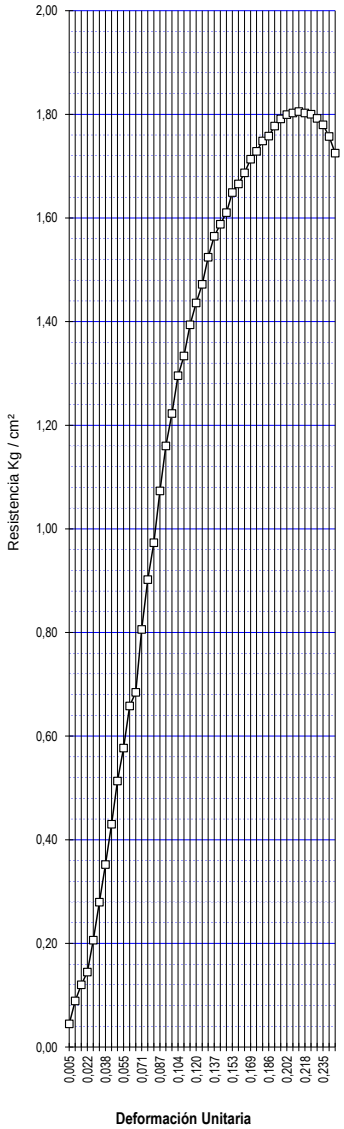

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	1,81
Cu (Kg./cm²)	0,90
Consistencia del suelo	Firme

PESO UNITARIO

Húmedo 1,948 g/cm³
Seco 1,441 g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. 0,001"	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,007	0,7	0,020	0,0055	0,9945	15,99	0,04
0,014	1,4	0,040	0,0109	0,9891	16,08	0,09
0,019	1,9	0,060	0,0164	0,9836	16,17	0,12
0,023	2,4	0,080	0,0218	0,9782	16,26	0,14
0,033	3,4	0,100	0,0273	0,9727	16,35	0,21
0,045	4,6	0,120	0,0328	0,9672	16,44	0,28
0,057	5,8	0,140	0,0382	0,9618	16,54	0,35
0,070	7,2	0,160	0,0437	0,9563	16,63	0,43
0,084	8,6	0,180	0,0492	0,9508	16,73	0,51
0,095	9,7	0,200	0,0546	0,9454	16,82	0,58
0,109	11,1	0,220	0,0601	0,9399	16,92	0,66
0,114	11,6	0,240	0,0655	0,9345	17,02	0,68
0,135	13,8	0,260	0,0710	0,9290	17,12	0,81
0,152	15,5	0,280	0,0765	0,9235	17,22	0,90
0,165	16,9	0,300	0,0819	0,9181	17,32	0,97
0,183	18,7	0,320	0,0874	0,9126	17,43	1,07
0,199	20,3	0,340	0,0929	0,9071	17,53	1,16
0,211	21,6	0,360	0,0983	0,9017	17,64	1,22
0,225	23,0	0,380	0,1038	0,8962	17,75	1,30
0,233	23,8	0,400	0,1092	0,8908	17,85	1,33
0,245	25,0	0,420	0,1147	0,8853	17,96	1,39
0,254	26,0	0,440	0,1202	0,8798	18,08	1,44
0,262	26,8	0,460	0,1256	0,8744	18,19	1,47
0,273	27,9	0,480	0,1311	0,8689	18,30	1,52
0,282	28,8	0,500	0,1366	0,8634	18,42	1,56
0,288	29,4	0,520	0,1420	0,8580	18,54	1,59
0,294	30,0	0,540	0,1475	0,8525	18,66	1,61
0,303	31,0	0,560	0,1529	0,8471	18,78	1,65
0,308	31,5	0,580	0,1584	0,8416	18,90	1,67
0,314	32,1	0,600	0,1639	0,8361	19,02	1,69
0,321	32,8	0,620	0,1693	0,8307	19,15	1,71
0,326	33,3	0,640	0,1748	0,8252	19,27	1,73
0,332	33,9	0,660	0,1803	0,8197	19,40	1,75
0,336	34,3	0,680	0,1857	0,8143	19,53	1,76
0,342	34,9	0,700	0,1912	0,8088	19,66	1,78
0,347	35,5	0,720	0,1966	0,8034	19,80	1,79
0,351	35,9	0,740	0,2021	0,7979	19,93	1,80
0,354	36,2	0,760	0,2076	0,7924	20,07	1,80
0,357	36,5	0,780	0,2130	0,7870	20,21	1,81
0,359	36,7	0,800	0,2185	0,7815	20,35	1,80
0,361	36,9	0,820	0,2240	0,7760	20,49	1,80
0,362	37,0	0,840	0,2294	0,7706	20,64	1,79
0,362	37,0	0,860	0,2349	0,7651	20,79	1,78
0,360	36,8	0,880	0,2403	0,7597	20,94	1,76
0,356	36,4	0,900	0,2458	0,7542	21,09	1,73



CELDA DE CARGA 0,25 **KN**

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
NiSt GM	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

18204

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

Norma I.N.V. E - 125 E - 126 E - 123 NTC 1493 - 1494

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24
Pagina 24 de 56

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION *Arcilla limosa amarillo-gris con algunas oxidaciones y trazas de arena fina.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 23 SPT***
PROFUND (m): *32,00 - 32,50*
CORDENADAS:
FECHA ENSAYO: *02-ago-24*
FECHA ENTREGA: *07-ago-24*

LIMITE LIQUIDO			
Número de Golpes	35	24	15
Vidrio No.	XA	203	40
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	20,53	23,06	22,64
Peso del suelo seco + vidrio (g)	15,42	16,8	16,34
Peso del vidrio (g)	5,33	5,05	5,10
% Humedad	50,6	53,3	56,0

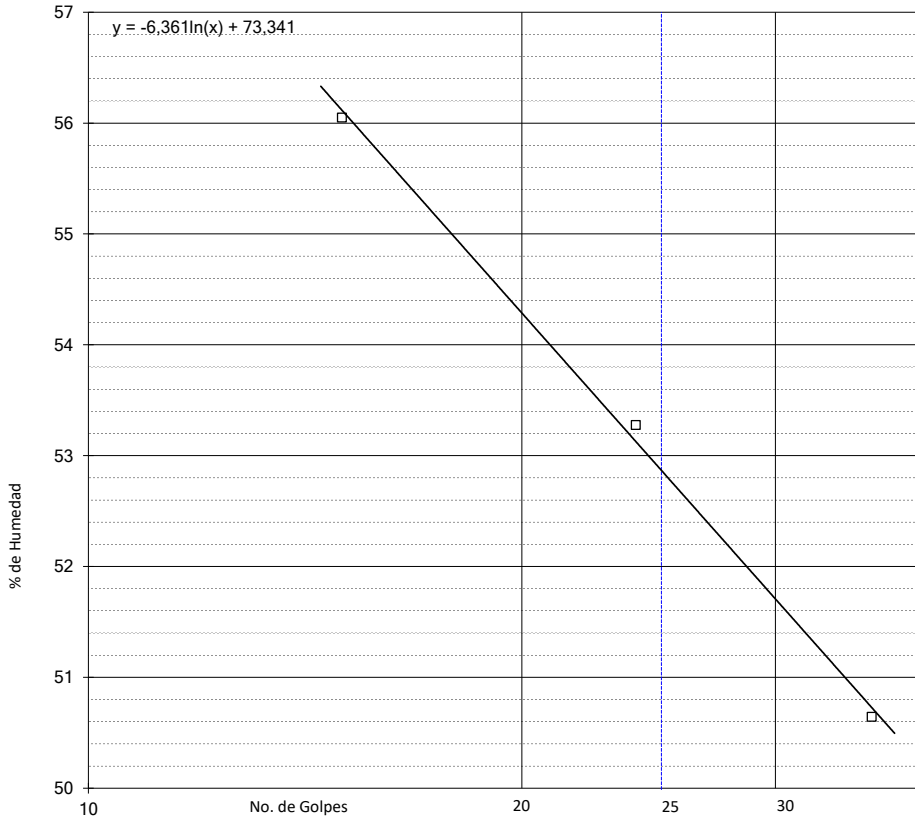
LIMITE PLASTICO			H. NATURAL
Vidrio No.	1	180	D51
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	14,43	15,02	123,82
Peso del suelo seco + vidrio (g)	12,6	12,96	106,18
Peso del vidrio (g)	5,24	5,29	41,49
% Humedad	24,9	26,9	27,3

GRADACION			
P1 (grs) =	47,95	P2=	
Tamiz	**Peso retenido**	**% Retenido**	**% Pasa**
			100,0
200	6,82	14,2	85,8
F	41,1	85,8	

RESULTADOS		
Límite Líquido	52,9	%
Límite Plástico	25,9	%
Indice Plasticidad	27,0	%

CLASIFICACION	
Indice de Grupo	
A.A.S.H.T.O.	
U.S.C.S.	**CH**

% DE PARTICULAS - ANALISIS POR TAMIZADO		
Grava		%
Arena	14,2	%
Fino	85,8	%
Cu		
Cc		



ELABORO *NiSt GM*
Tec.Laboratorista

REVISO *El GM*
Area Técnica

APROBO *Ad GM*
Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

18205

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma **I.N.V.** E - 152 **NTC** - 1527 | Pagina 25 de 56

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION VISUAL: *Arcilla limosa gris-verdoso con algunas oxidaciones.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 24 NQ***
PROFUND (m): *32,50 - 34,00*
FECHA DE TOMA: *09-ago-24*
FECHA ENTREGA: *09-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	4,6	cm
Altura	8,7	cm
Area	16,62	cm²
Volumen	144,58	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	294,62	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	229,39	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	28,4	%

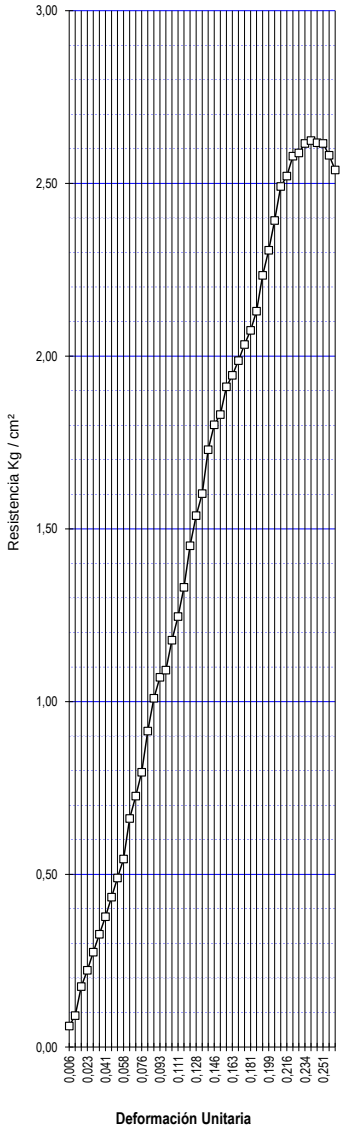

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	2,62
Cu (Kg./cm²)	1,31
Consistencia del suelo	Muy Firme

PESO UNITARIO

Húmedo	2,038	g/cm³
Seco	1,587	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. 0,001"	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,010	1,0	0,020	0,0058	0,9942	16,72	0,06
0,015	1,5	0,040	0,0117	0,9883	16,81	0,09
0,029	3,0	0,060	0,0175	0,9825	16,91	0,18
0,037	3,8	0,080	0,0234	0,9766	17,02	0,22
0,046	4,7	0,100	0,0292	0,9708	17,12	0,27
0,055	5,6	0,120	0,0350	0,9650	17,22	0,33
0,064	6,5	0,140	0,0409	0,9591	17,33	0,38
0,074	7,6	0,160	0,0467	0,9533	17,43	0,43
0,084	8,6	0,180	0,0526	0,9474	17,54	0,49
0,094	9,6	0,200	0,0584	0,9416	17,65	0,54
0,115	11,8	0,220	0,0642	0,9358	17,76	0,66
0,127	13,0	0,240	0,0701	0,9299	17,87	0,73
0,140	14,3	0,260	0,0759	0,9241	17,98	0,80
0,162	16,6	0,280	0,0817	0,9183	18,10	0,91
0,180	18,4	0,300	0,0876	0,9124	18,21	1,01
0,192	19,6	0,320	0,0934	0,9066	18,33	1,07
0,197	20,1	0,340	0,0993	0,9007	18,45	1,09
0,214	21,9	0,360	0,1051	0,8949	18,57	1,18
0,228	23,3	0,380	0,1109	0,8891	18,69	1,25
0,245	25,0	0,400	0,1168	0,8832	18,82	1,33
0,269	27,5	0,420	0,1226	0,8774	18,94	1,45
0,287	29,3	0,440	0,1285	0,8715	19,07	1,54
0,301	30,8	0,460	0,1343	0,8657	19,20	1,60
0,327	33,4	0,480	0,1401	0,8599	19,33	1,73
0,343	35,1	0,500	0,1460	0,8540	19,46	1,80
0,351	35,9	0,520	0,1518	0,8482	19,59	1,83
0,369	37,7	0,540	0,1577	0,8423	19,73	1,91
0,378	38,6	0,560	0,1635	0,8365	19,87	1,94
0,389	39,8	0,580	0,1693	0,8307	20,01	1,99
0,401	41,0	0,600	0,1752	0,8248	20,15	2,03
0,412	42,1	0,620	0,1810	0,8190	20,29	2,07
0,426	43,5	0,640	0,1869	0,8131	20,44	2,13
0,450	46,0	0,660	0,1927	0,8073	20,59	2,23
0,468	47,8	0,680	0,1985	0,8015	20,74	2,31
0,489	50,0	0,700	0,2044	0,7956	20,89	2,39
0,513	52,4	0,720	0,2102	0,7898	21,04	2,49
0,523	53,4	0,740	0,2160	0,7840	21,20	2,52
0,539	55,1	0,760	0,2219	0,7781	21,36	2,58
0,545	55,7	0,780	0,2277	0,7723	21,52	2,59
0,555	56,7	0,800	0,2336	0,7664	21,68	2,62
0,561	57,3	0,820	0,2394	0,7606	21,85	2,62
0,564	57,6	0,840	0,2452	0,7548	22,02	2,62
0,568	58,0	0,860	0,2511	0,7489	22,19	2,62
0,565	57,7	0,880	0,2569	0,7431	22,36	2,58
0,560	57,2	0,900	0,2628	0,7372	22,54	2,54



CELDA DE CARGA 0,25 **KN**

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
NiSt GM	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

Bogotá D. C. Calle 73 A # 89 A – 32 PBX: 445 9591 Celular: 322 257 7061 – 321 226 8723
geopruebasingenieria@gmail.com https://www.instagram.com/gepruebasing/

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M 25 SPT***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*34,50 - 36,00*
SOLICITANTE	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	CORDENADAS:	
DESCRIPCION	*Arcilla limosa gris con algunas oxidaciones y rastros de arena.*	FECHA ENSAYO:	*02-ago-24*
		FECHA ENTREGA:	*07-ago-24*

LIMITE LIQUIDO			
Número de Golpes	35	27	17
Vidrio No.	195	187	201
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	19,88	18,52	21,82
Peso del suelo seco + vidrio (g)	15,24	14,13	15,98
Peso del vidrio (g)	5,13	5,06	4,72
% Humedad	45,9	48,4	51,9

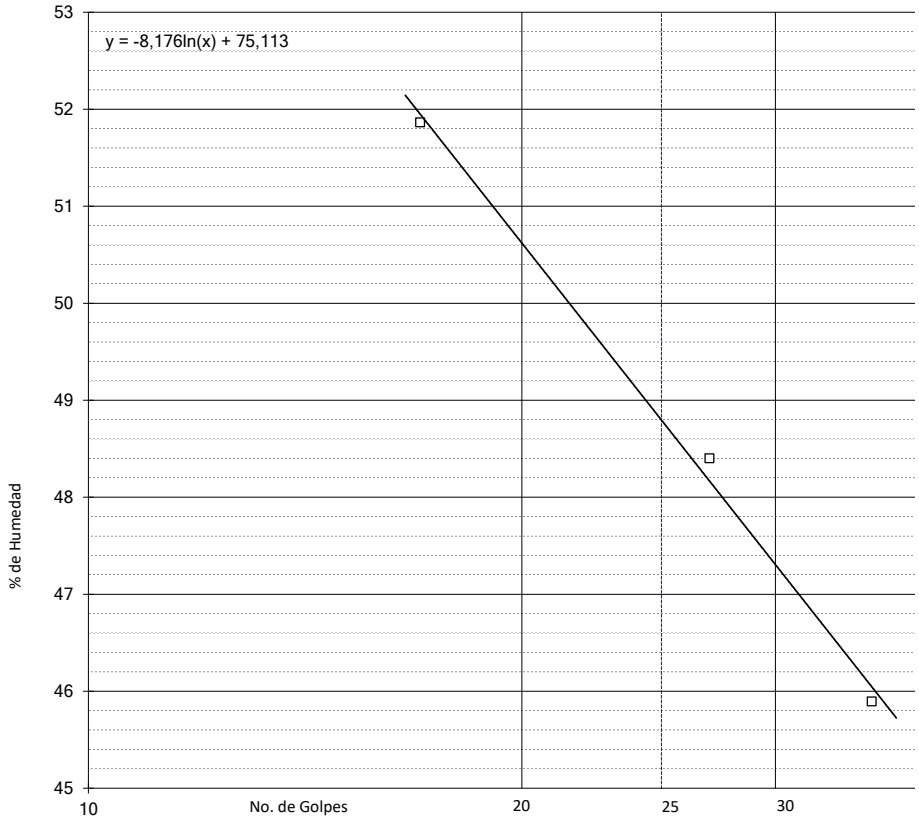
LIMITE PLASTICO			H. NATURAL
Vidrio No.	76	91	25
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	14,76	14,68	100,38
Peso del suelo seco + vidrio (g)	13,13	13,17	90,24
Peso del vidrio (g)	5,24	5,44	41,88
% Humedad	20,7	19,5	21,0

GRADACION			
P1 (grs) =	47,52	P2=	
Tamiz	**Peso retenido**	**% Retenido**	**% Pasa**
			100,0
200	4,37	9,2	90,8
F	43,2	90,8	

RESULTADOS		
Límite Líquido	48,8	%
Límite Plástico	20,1	%
Indice Plasticidad	28,7	%

CLASIFICACION	
Indice de Grupo	
A.A.S.H.T.O.	
U.S.C.S.	**CL**

% DE PARTICULAS - ANALISIS POR TAMIZADO		
Grava		%
Arena	9,2	%
Fino	90,8	%
Cu		
Cc		



ELABORO *NiSt GM*
Tec.Laboratorista

REVISO *El GM*
Area Técnica

APROBO *Ad GM*
Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M 26 NQ***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*34,50 - 36,00*
SOLICITANTE	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	CORDENADAS:	
DESCRIPCION	*Arcilla limosa gris-verdoso con rastros de arena fina.*	FECHA ENSAYO:	*02-ago-24*
		FECHA ENTREGA:	*07-ago-24*

LIMITE LIQUIDO			
Número de Golpes	35	23	15
Vidrio No.	181	26	25
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	22,50	19,63	18,95
Peso del suelo seco + vidrio (g)	15,84	14,06	13,05
Peso del vidrio (g)	5,15	5,79	5,00
% Humedad	62,3	67,4	73,3

LIMITE PLASTICO			H. NATURAL
Vidrio No.	19	14	C18
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	12,16	14,00	110,13
Peso del suelo seco + vidrio (g)	10,43	11,99	88,45
Peso del vidrio (g)	5,04	5,51	36,13
% Humedad	32,1	31,0	41,4

GRADACION			
P1 (grs) =	86,13	P2=	
Tamiz	**Peso retenido**	**% Retenido**	**% Pasa**
			100,0
200	8,39	9,7	90,3
F	77,7	90,3	

RESULTADOS

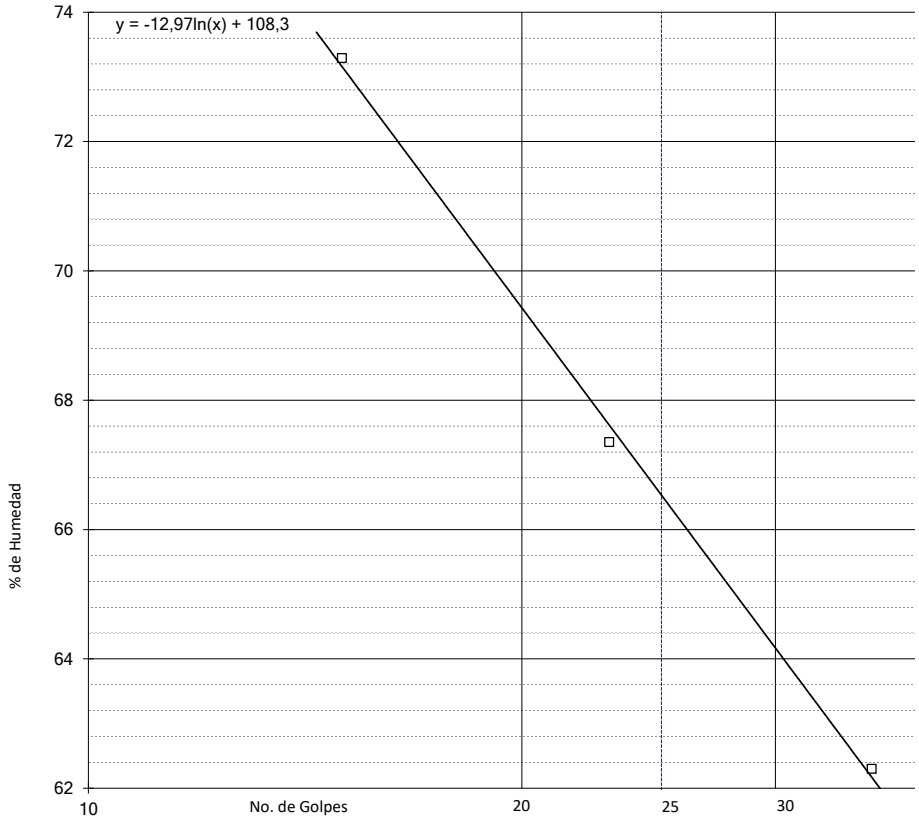
Límite Líquido	66,5	%
Límite Plástico	31,6	%
Indice Plasticidad	35,0	%

CLASIFICACION

Indice de Grupo	
A.A.S.H.T.O.	
U.S.C.S.	**CH-MH**

% DE PARTICULAS - ANALISIS POR TAMIZADO

Grava		%
Arena	9,7	%
Fino	90,3	%
Cu		
Cc		



ELABORO *NiSt GM*
Tec.Laboratorista

REVISO *El GM*
Area Técnica

APROBO *Ad GM*
Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma I.N.V. E - 152 NTC - 1527

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION VISUAL: *Arcilla limosa gris-verdoso con algunas oxidaciones.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 27 SPT***
PROFUND (m): *36,00 - 36,50*
FECHA DE TOMA: *09-ago-24*
FECHA ENTREGA: *09-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	3,6	cm
Altura	7,7	cm
Area	10,18	cm²
Volumen	78,37	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	153,28	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	123,98	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	23,6	%

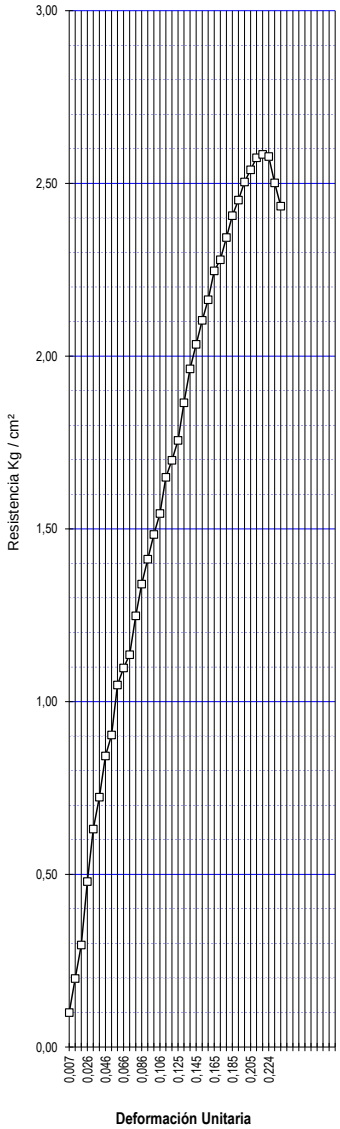

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	2,58
Cu (Kg./cm²)	1,29
Consistencia del suelo	Muy Firme

PESO UNITARIO

Húmedo	1,956	g/cm³
Seco	1,582	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. 0,001"	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,010	1,0	0,020	0,0066	0,9934	10,25	0,10
0,020	2,0	0,040	0,0132	0,9868	10,31	0,20
0,030	3,1	0,060	0,0198	0,9802	10,38	0,30
0,049	5,0	0,080	0,0264	0,9736	10,45	0,48
0,065	6,6	0,100	0,0330	0,9670	10,53	0,63
0,075	7,7	0,120	0,0396	0,9604	10,60	0,72
0,088	9,0	0,140	0,0462	0,9538	10,67	0,84
0,095	9,7	0,160	0,0528	0,9472	10,75	0,90
0,111	11,3	0,180	0,0594	0,9406	10,82	1,05
0,117	12,0	0,200	0,0660	0,9340	10,90	1,10
0,122	12,5	0,220	0,0726	0,9274	10,97	1,14
0,135	13,8	0,240	0,0792	0,9208	11,05	1,25
0,146	14,9	0,260	0,0858	0,9142	11,13	1,34
0,155	15,8	0,280	0,0924	0,9076	11,21	1,41
0,164	16,8	0,300	0,0990	0,9010	11,30	1,48
0,172	17,6	0,320	0,1056	0,8944	11,38	1,54
0,185	18,9	0,340	0,1122	0,8878	11,46	1,65
0,192	19,6	0,360	0,1188	0,8812	11,55	1,70
0,200	20,4	0,380	0,1254	0,8746	11,64	1,76
0,214	21,9	0,400	0,1319	0,8681	11,73	1,87
0,227	23,2	0,420	0,1385	0,8615	11,82	1,96
0,237	24,2	0,440	0,1451	0,8549	11,91	2,03
0,247	25,2	0,460	0,1517	0,8483	12,00	2,10
0,256	26,2	0,480	0,1583	0,8417	12,09	2,16
0,268	27,4	0,500	0,1649	0,8351	12,19	2,25
0,274	28,0	0,520	0,1715	0,8285	12,29	2,28
0,284	29,0	0,540	0,1781	0,8219	12,38	2,34
0,294	30,0	0,560	0,1847	0,8153	12,48	2,41
0,302	30,9	0,580	0,1913	0,8087	12,59	2,45
0,311	31,8	0,600	0,1979	0,8021	12,69	2,50
0,318	32,5	0,620	0,2045	0,7955	12,80	2,54
0,325	33,2	0,640	0,2111	0,7889	12,90	2,57
0,329	33,6	0,660	0,2177	0,7823	13,01	2,58
0,331	33,8	0,680	0,2243	0,7757	13,12	2,58
0,324	33,1	0,700	0,2309	0,7691	13,23	2,50
0,318	32,5	0,720	0,2375	0,7625	13,35	2,43



CELDA DE CARGA	0,25	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
NiSt GM	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

18209

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

Norma I.N.V. E - 125 E - 126 E - 123 NTC 1493 - 1494

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24
Pagina 29 de 56

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION *Arcilla limosa gris con algunas oxidaciones y trazas de arena fina.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 28 NQ***
PROFUND (m): *36,50 - 38,00*
CORDENADAS:
FECHA ENSAYO: *02-ago-24*
FECHA ENTREGA: *07-ago-24*

LIMITE LIQUIDO			
Número de Golpes	31	26	18
Vidrio No.	198	178	179
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	21,6	20,50	19,92
Peso del suelo seco + vidrio (g)	16,89	16,14	15,51
Peso del vidrio (g)	4,77	5,35	5,36
% Humedad	38,9	40,4	43,4

LIMITE PLASTICO			H. NATURAL
Vidrio No.	5	3A	33
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	17,20	16,03	147,2
Peso del suelo seco + vidrio (g)	15,11	14,05	126,3
Peso del vidrio (g)	5,22	5,23	40,98
% Humedad	21,1	22,4	24,5

GRADACION			
P1 (grs) =	50,29	P2=	
Tamiz	**Peso retenido**	**% Retenido**	**% Pasa**
			100,0
200	7,38	14,7	85,3
F	42,9	85,3	

RESULTADOS

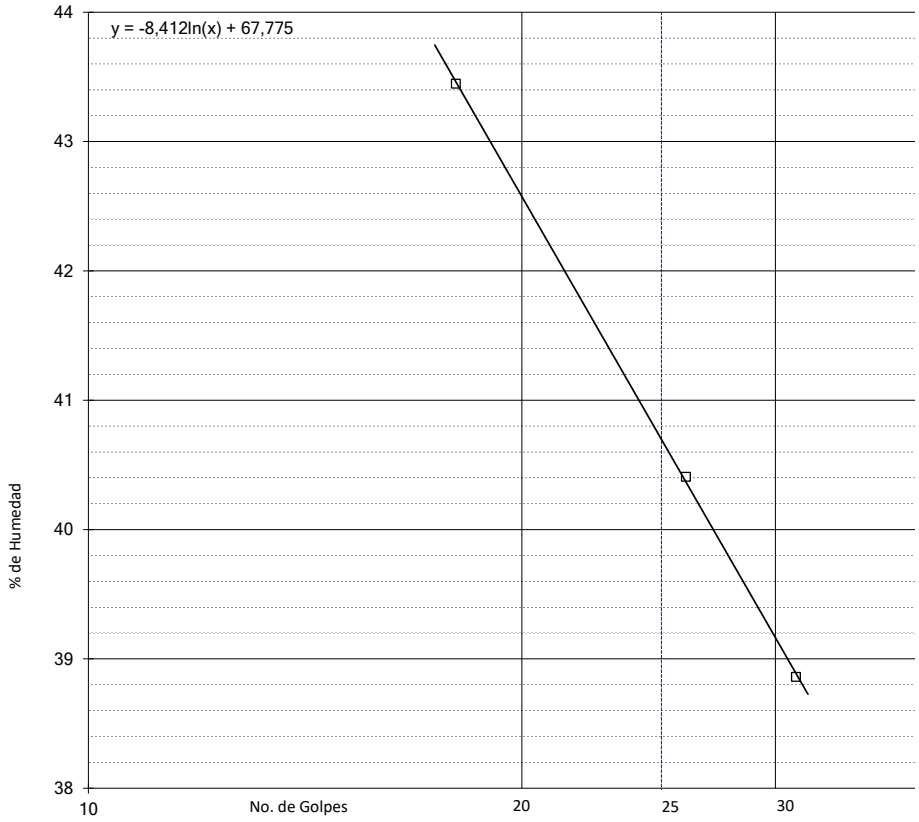
Límite Líquido	40,7	%
Límite Plástico	21,8	%
Indice Plasticidad	18,9	%

CLASIFICACION

Indice de Grupo	
A.A.S.H.T.O.	
U.S.C.S.	**CL**

% DE PARTICULAS - ANALISIS POR TAMIZADO

Grava		%
Arena	14,7	%
Fino	85,3	%
Cu		
Cc		



ELABORO *NiSt GM*
Tec.Laboratorista

REVISO *El GM*
Area Técnica

APROBO *Ad GM*
Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

Bogotá D. C. Calle 73 A # 89 A – 32 PBX: 445 9591 Celular: 322 257 7061 – 321 226 8723
geopruebasingenieria@gmail.com https://www.instagram.com/gepruebasing/

18210

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION VISUAL: *Arcilla limosa gris oscuro con tonos amarillo-carmelito.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 29 SPT***
PROFUND (m): *38,00 - 38,50*
FECHA DE TOMA: *09-ago-24*
FECHA ENTREGA: *09-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	3,6	cm
Altura	7,0	cm
Area	10,18	cm²
Volumen	71,25	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	129,21	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	104,51	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	23,6	%

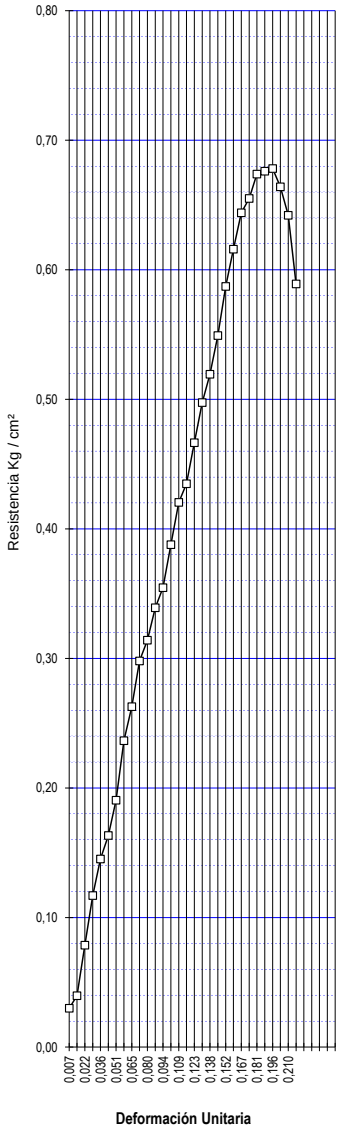

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	0,68
Cu (Kg./cm²)	0,34
Consistencia del suelo	Media

PESO UNITARIO

Húmedo	1,813	g/cm³
Seco	1,467	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. 0,001"	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,003	0,3	0,020	0,0073	0,9927	10,25	0,03
0,004	0,4	0,040	0,0145	0,9855	10,33	0,04
0,008	0,8	0,060	0,0218	0,9782	10,41	0,08
0,012	1,2	0,080	0,0290	0,9710	10,48	0,12
0,015	1,5	0,100	0,0363	0,9637	10,56	0,15
0,017	1,7	0,120	0,0435	0,9565	10,64	0,16
0,020	2,0	0,140	0,0508	0,9492	10,72	0,19
0,025	2,6	0,160	0,0581	0,9419	10,81	0,24
0,028	2,9	0,180	0,0653	0,9347	10,89	0,26
0,032	3,3	0,200	0,0726	0,9274	10,97	0,30
0,034	3,5	0,220	0,0798	0,9202	11,06	0,31
0,037	3,8	0,240	0,0871	0,9129	11,15	0,34
0,039	4,0	0,260	0,0943	0,9057	11,24	0,35
0,043	4,4	0,280	0,1016	0,8984	11,33	0,39
0,047	4,8	0,300	0,1089	0,8911	11,42	0,42
0,049	5,0	0,320	0,1161	0,8839	11,52	0,43
0,053	5,4	0,340	0,1234	0,8766	11,61	0,47
0,057	5,8	0,360	0,1306	0,8694	11,71	0,50
0,060	6,1	0,380	0,1379	0,8621	11,81	0,52
0,064	6,5	0,400	0,1451	0,8549	11,91	0,55
0,069	7,1	0,420	0,1524	0,8476	12,01	0,59
0,073	7,5	0,440	0,1597	0,8403	12,11	0,62
0,077	7,9	0,460	0,1669	0,8331	12,22	0,64
0,079	8,1	0,480	0,1742	0,8258	12,33	0,66
0,082	8,4	0,500	0,1814	0,8186	12,43	0,67
0,083	8,5	0,520	0,1887	0,8113	12,55	0,68
0,084	8,6	0,540	0,1959	0,8041	12,66	0,68
0,083	8,5	0,560	0,2032	0,7968	12,77	0,66
0,081	8,3	0,580	0,2105	0,7895	12,89	0,64
0,075	7,7	0,600	0,2177	0,7823	13,01	0,59



CELDA DE CARGA	0,25	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
NiSt GM	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M 31 SPT***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*40,00 - 40,50*
SOLICITANTE	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	CORDENADAS:	
DESCRIPCION	*Arena limosa algo arcillosa gris oscuro.*	FECHA ENSAYO:	*06-ago-24*
		FECHA ENTREGA:	*08-ago-24*

LIMITE LIQUIDO			
Número de Golpes	30	21	15
Vidrio No.	182	174	41
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	16,88	23,94	19,61
Peso del suelo seco + vidrio (g)	15,12	20,84	17,03
Peso del vidrio (g)	4,76	4,91	4,93
% Humedad	17,0	19,5	21,3

LIMITE PLASTICO			H. NATURAL
Vidrio No.	202	188	B84
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	18,64	18,72	159,48
Peso del suelo seco + vidrio (g)	16,97	17,02	141,31
Peso del vidrio (g)	5,43	5,29	41,42
% Humedad	14,5	14,5	18,2

GRADACION

P1 (grs) = 141,31 P2=

Tamiz	Peso retenido	% Retenido	% Pasa
			100,0
200	110,58	78,3	21,7
F	30,7	21,7	

RESULTADOS

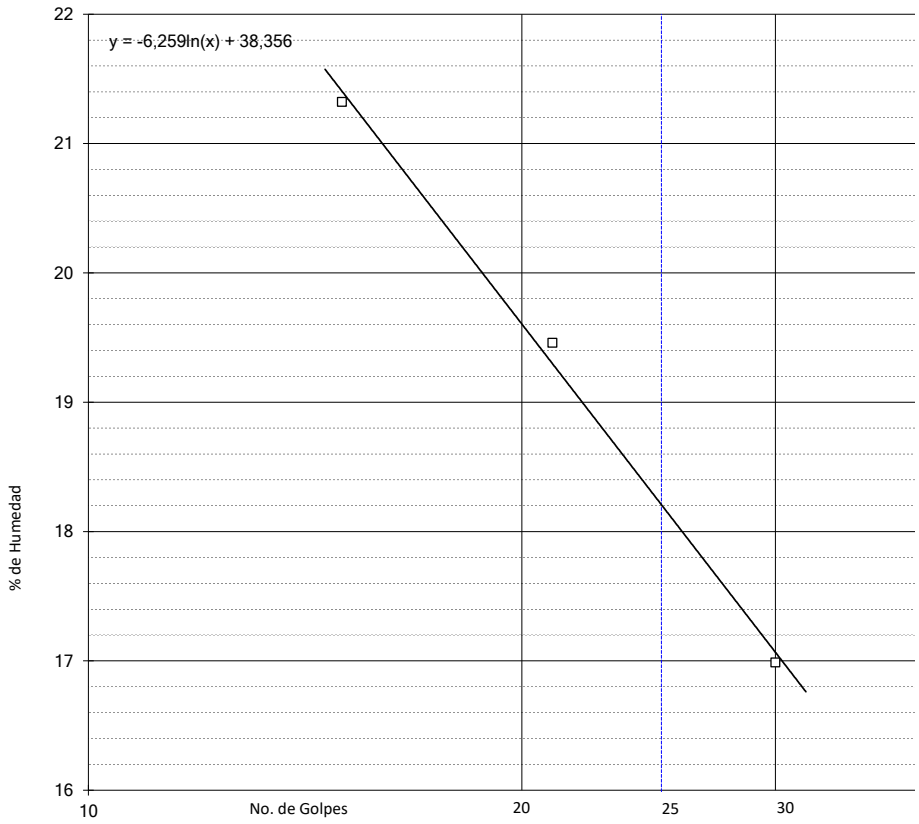
Límite Líquido	18,2	%
Límite Plástico	14,5	%
Indice Plasticidad	3,7	%

CLASIFICACION

Indice de Grupo	
A.A.S.H.T.O.	
U.S.C.S.	**SM**

% DE PARTICULAS - ANALISIS POR TAMIZADO

Grava		%
Arena	78,3	%
Fino	21,7	%
Cu		
Cc		



ELABORO *NiSt GM*
Tec.Laboratorista

REVISO *El GM*
Area Técnica

APROBO *Ad GM*
Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma I.N.V. E - 152 NTC - 1527

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION VISUAL: *Arcilla limosa gris oscuro con tonos amarillos.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 33 NQ***
PROFUND (m): *42,00 - 43,50*
FECHA DE TOMA: *09-ago-24*
FECHA ENTREGA: *09-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	3,6	cm
Altura	7,0	cm
Area	10,18	cm²
Volumen	71,25	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	118,69	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	84,41	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	40,6	%

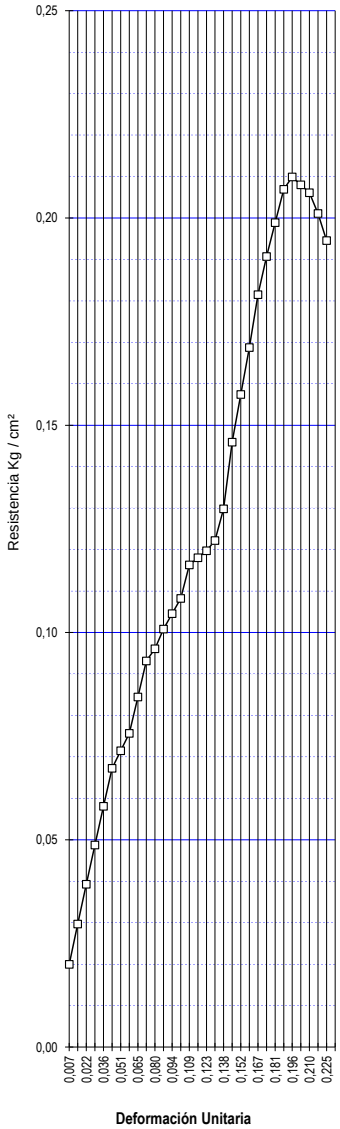

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	0,21
Cu (Kg./cm²)	0,10
Consistencia del suelo	Muy Blanda

PESO UNITARIO

Húmedo	1,666	g/cm³
Seco	1,185	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. 0,001"	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,002	0,2	0,020	0,0073	0,9927	10,25	0,02
0,003	0,3	0,040	0,0145	0,9855	10,33	0,03
0,004	0,4	0,060	0,0218	0,9782	10,41	0,04
0,005	0,5	0,080	0,0290	0,9710	10,48	0,05
0,006	0,6	0,100	0,0363	0,9637	10,56	0,06
0,007	0,7	0,120	0,0435	0,9565	10,64	0,07
0,008	0,8	0,140	0,0508	0,9492	10,72	0,07
0,008	0,8	0,160	0,0581	0,9419	10,81	0,08
0,009	0,9	0,180	0,0653	0,9347	10,89	0,08
0,010	1,0	0,200	0,0726	0,9274	10,97	0,09
0,010	1,1	0,220	0,0798	0,9202	11,06	0,10
0,011	1,1	0,240	0,0871	0,9129	11,15	0,10
0,012	1,2	0,260	0,0943	0,9057	11,24	0,10
0,012	1,2	0,280	0,1016	0,8984	11,33	0,11
0,013	1,3	0,300	0,1089	0,8911	11,42	0,12
0,013	1,4	0,320	0,1161	0,8839	11,52	0,12
0,014	1,4	0,340	0,1234	0,8766	11,61	0,12
0,014	1,4	0,360	0,1306	0,8694	11,71	0,12
0,015	1,5	0,380	0,1379	0,8621	11,81	0,13
0,017	1,7	0,400	0,1451	0,8549	11,91	0,15
0,019	1,9	0,420	0,1524	0,8476	12,01	0,16
0,020	2,0	0,440	0,1597	0,8403	12,11	0,17
0,022	2,2	0,460	0,1669	0,8331	12,22	0,18
0,023	2,4	0,480	0,1742	0,8258	12,33	0,19
0,024	2,5	0,500	0,1814	0,8186	12,43	0,20
0,025	2,6	0,520	0,1887	0,8113	12,55	0,21
0,026	2,7	0,540	0,1959	0,8041	12,66	0,21
0,026	2,7	0,560	0,2032	0,7968	12,77	0,21
0,026	2,7	0,580	0,2105	0,7895	12,89	0,21
0,026	2,6	0,600	0,2177	0,7823	13,01	0,20
0,025	2,6	0,620	0,2250	0,7750	13,13	0,19



CELDA DE CARGA	0,25	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
NiSt GM	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M 34 SPT***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*34,50 - 44,00*
SOLICITANTE	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	CORDENADAS:	
DESCRIPCION	*Limo arcilloso gris con tonos amarillos y rastros de arena.*	FECHA ENSAYO:	*06-ago-24*
		FECHA ENTREGA:	*08-ago-24*

LIMITE LIQUIDO			
Número de Golpes	35	27	18
Vidrio No.	24	3	196
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	18,98	19,87	17,49
Peso del suelo seco + vidrio (g)	12,79	13,25	11,7
Peso del vidrio (g)	4,85	5,02	4,82
% Humedad	78,0	80,4	84,2

LIMITE PLASTICO			H. NATURAL
Vidrio No.	XA	89	6
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	15,36	14,94	85,3
Peso del suelo seco + vidrio (g)	12,40	12,05	70,44
Peso del vidrio (g)	5,33	5,15	41,54
% Humedad	41,9	41,9	51,4

GRADACION			
P1 (grs) =	61,44	P2=	
Tamiz	**Peso retenido**	**% Retenido**	**% Pasa**
			100,0
200	6,03	9,8	90,2
F	55,4	90,2	

RESULTADOS

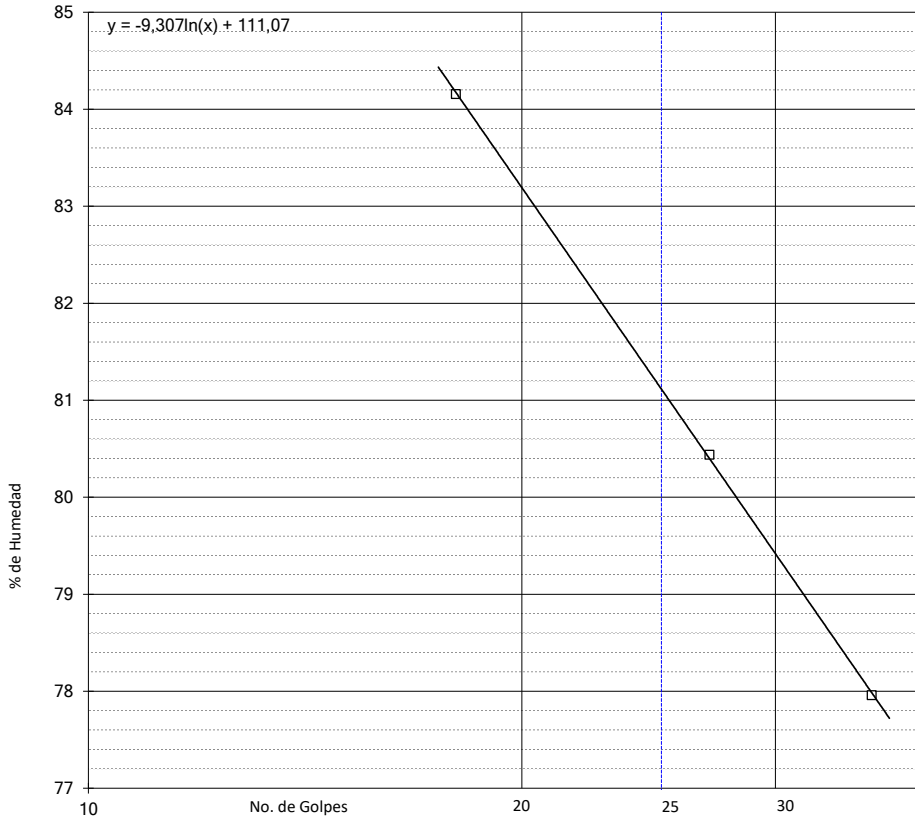
Límite Líquido	81,1	%
Límite Plástico	41,9	%
Indice Plasticidad	39,2	%

CLASIFICACION

Indice de Grupo	
A.A.S.H.T.O.	
U.S.C.S.	**MH**

% DE PARTICULAS - ANALISIS POR TAMIZADO

Grava		%
Arena	9,8	%
Fino	90,2	%
Cu		
Cc		



ELABORO *NiSt GM*
Tec.Laboratorista

REVISO *El GM*
Area Técnica

APROBO *Ad GM*
Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

HUMEDAD NATURAL
PESO UNITARIO

FORMATO GL F 12 a v01 Actualizado 11 de 2019
AREA DE SUELOS
CODIGO DE TRABAJO
007 - 024 - 24
NORMA INV E 122 NTC 1495 - INV E 734
Pagina 34 de 56

PROYECTO : *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE : *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
FECHA ENSAYO : *02-ago-24*
FECHA ENTREGA: *08-ago-24*

SONDEO	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD (m)	P1 (gr)	P2 (gr)	P3 (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)	VOLUMEN cm^3	PU	DESCRIPCION VISUAL
SC 03	M3	3,50 - 4,00	LL-LP			**28,2**	63,11	**2,096**	*Arena limosa gris oscuro.*
	M 11	15,50 - 16,00	LL-LP			**41,3**	109,58	**1,744**	*Limo arcilloso gris oscuro con rastros de arena.*
	M 15	21,50 - 22,00	LL-LP			**36,5**	101,03	**1,789**	*Arcilla limosa gris oscuro con rastos de arena fina.*
	M 21	30,50 - 31,00	LL-LP			**16,5**	93,18	**2,109**	*Arcilla algo limosa gris con oxidaciones y trazas de arena media.*
	M 26	36,00 - 36,50	LL-LP			**41,4**	151,23	**1,973**	*Arcilla limosa gris-verdoso con rastros de arena fina.*
	M 34	43,50 - 44,00	LL-LP			**51,4**	87,32	**1,831**	*Limo arcilloso gris con tonos amarillos y rastros de arena.*

OBSERVACIONES

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ju CCJ	*El GM*	*Ad GM*
Laboratorista Tec.	Dep.Técnico	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingenieria SAS., & tampoco tendrá ninguna validez sin el sello seco.

18215

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma **I.N.V.** E - 152 **NTC** - 1527 | Pagina 35 de 56

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION VISUAL: *Arcilla limosa gris oscuro.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 35 NQ***
PROFUND (m): *44,00 - 45,50*
FECHA DE TOMA: *09-ago-24*
FECHA ENTREGA: *09-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	4,6	cm
Altura	9,2	cm
Area	16,62	cm²
Volumen	152,89	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	254,84	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	183,20	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	39,1	%

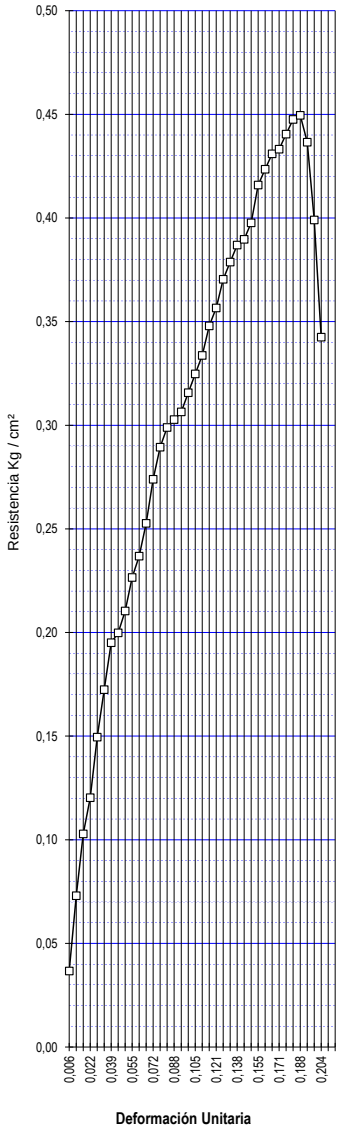

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	0,45
Cu (Kg./cm²)	0,22
Consistencia del suelo	Blanda

PESO UNITARIO

Húmedo	1,667	g/cm³
Seco	1,198	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. 0,001"	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,006	0,6	0,020	0,0055	0,9945	16,71	0,04
0,012	1,2	0,040	0,0110	0,9890	16,80	0,07
0,017	1,7	0,060	0,0166	0,9834	16,90	0,10
0,020	2,0	0,080	0,0221	0,9779	16,99	0,12
0,025	2,6	0,100	0,0276	0,9724	17,09	0,15
0,029	3,0	0,120	0,0331	0,9669	17,19	0,17
0,033	3,4	0,140	0,0387	0,9613	17,29	0,20
0,034	3,5	0,160	0,0442	0,9558	17,39	0,20
0,036	3,7	0,180	0,0497	0,9503	17,49	0,21
0,039	4,0	0,200	0,0552	0,9448	17,59	0,23
0,041	4,2	0,220	0,0607	0,9393	17,69	0,24
0,044	4,5	0,240	0,0663	0,9337	17,80	0,25
0,048	4,9	0,260	0,0718	0,9282	17,90	0,27
0,051	5,2	0,280	0,0773	0,9227	18,01	0,29
0,053	5,4	0,300	0,0828	0,9172	18,12	0,30
0,054	5,5	0,320	0,0883	0,9117	18,23	0,30
0,055	5,6	0,340	0,0939	0,9061	18,34	0,31
0,057	5,8	0,360	0,0994	0,9006	18,45	0,32
0,059	6,0	0,380	0,1049	0,8951	18,57	0,32
0,061	6,2	0,400	0,1104	0,8896	18,68	0,33
0,064	6,5	0,420	0,1160	0,8840	18,80	0,35
0,066	6,7	0,440	0,1215	0,8785	18,92	0,36
0,069	7,1	0,460	0,1270	0,8730	19,04	0,37
0,071	7,3	0,480	0,1325	0,8675	19,16	0,38
0,073	7,5	0,500	0,1380	0,8620	19,28	0,39
0,074	7,6	0,520	0,1436	0,8564	19,40	0,39
0,076	7,8	0,540	0,1491	0,8509	19,53	0,40
0,080	8,2	0,560	0,1546	0,8454	19,66	0,42
0,082	8,4	0,580	0,1601	0,8399	19,79	0,42
0,084	8,6	0,600	0,1657	0,8343	19,92	0,43
0,085	8,7	0,620	0,1712	0,8288	20,05	0,43
0,087	8,9	0,640	0,1767	0,8233	20,19	0,44
0,089	9,1	0,660	0,1822	0,8178	20,32	0,45
0,090	9,2	0,680	0,1877	0,8123	20,46	0,45
0,088	9,0	0,700	0,1933	0,8067	20,60	0,44
0,081	8,3	0,720	0,1988	0,8012	20,74	0,40
0,070	7,2	0,740	0,2043	0,7957	20,89	0,34



CELDA DE CARGA	0,25	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
NiSt GM	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

18216

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

Norma I.N.V. E - 125 E - 126 E - 123 NTC 1493 - 1494

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24
Pagina 36 de 56

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION *Arcilla limosa gris oscuro con rastros de arena fina.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 36 SPT***
PROFUND (m): *45,50 - 46,00*
CORDENADAS:
FECHA ENSAYO: *06-ago-24*
FECHA ENTREGA: *08-ago-24*

LIMITE LIQUIDO			
Número de Golpes	34	27	15
Vidrio No.	29	194	205
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	18,16	17,00	17,08
Peso del suelo seco + vidrio (g)	13,05	12,21	11,94
Peso del vidrio (g)	5,21	5,05	4,67
% Humedad	65,2	66,9	70,7

LIMITE PLASTICO			H. NATURAL
Vidrio No.	97	50	10
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	13,02	13,44	107,67
Peso del suelo seco + vidrio (g)	11,56	11,97	86,23
Peso del vidrio (g)	5,12	5,67	42,21
% Humedad	22,7	23,3	48,7

GRADACION			
P1 (grs) =	60,23	P2=	
Tamiz	**Peso retenido**	**% Retenido**	**% Pasa**
			100,0
200	5,15	8,6	91,4
F	55,1	91,4	

RESULTADOS

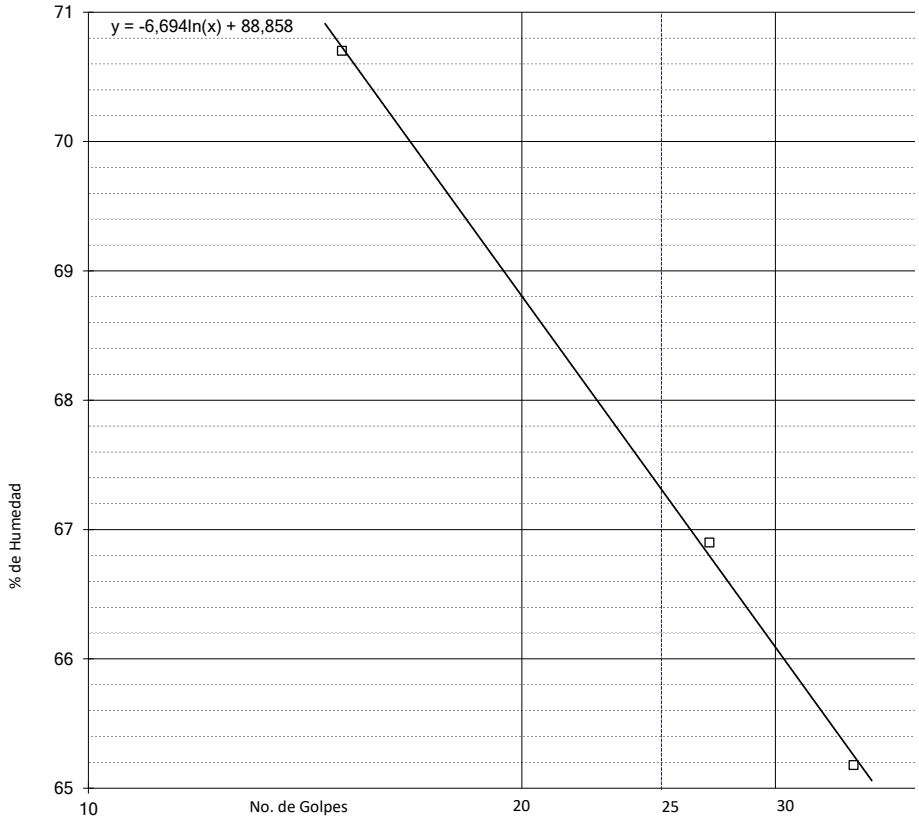
Límite Líquido	67,3	%
Límite Plástico	23,0	%
Indice Plasticidad	44,3	%

CLASIFICACION

Indice de Grupo	
A.A.S.H.T.O.	
U.S.C.S.	**CH**

% DE PARTICULAS - ANALISIS POR TAMIZADO

Grava		%
Arena	8,6	%
Fino	91,4	%
Cu		
Cc		



ELABORO *NiSt GM*
Tec.Laboratorista

REVISO *El GM*
Area Técnica

APROBO *Ad GM*
Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

18217

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma **I.N.V.** E - 152 **NTC** - 1527 | Pagina 37 de 56

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
DESCRIPCION VISUAL: *Arcilla limosa gris con tonos amarillos y algo de arena fina.*

MUESTRA: ***SC 03 - M 37 NQ***
PROFUND (m): *46,00 - 47,50*
FECHA DE TOMA: *09-ago-24*
FECHA ENTREGA: *09-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	4,6	cm
Altura	9,1	cm
Area	16,62	cm²
Volumen	151,23	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	302,65	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	246,54	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	22,8	%

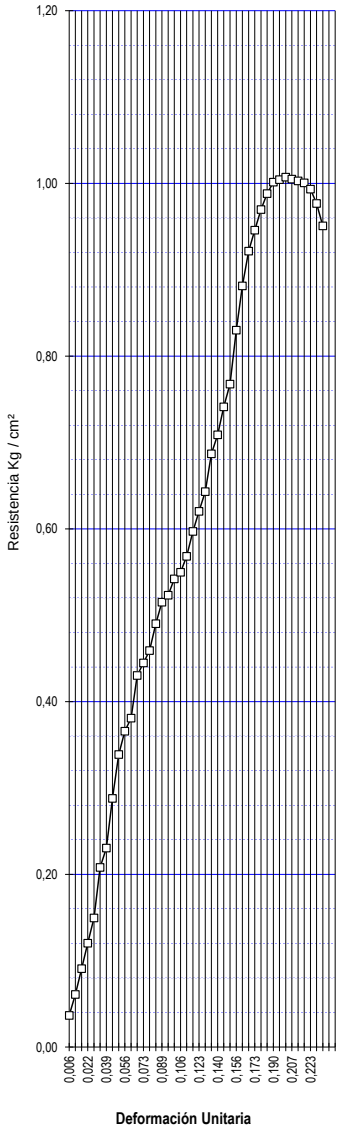

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	1,01
Cu (Kg./cm²)	0,50
Consistencia del suelo	Firme

PESO UNITARIO

Húmedo	2,001	g/cm³
Seco	1,630	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. 0,001"	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,006	0,6	0,020	0,0056	0,9944	16,71	0,04
0,010	1,0	0,040	0,0112	0,9888	16,81	0,06
0,015	1,5	0,060	0,0167	0,9833	16,90	0,09
0,020	2,0	0,080	0,0223	0,9777	17,00	0,12
0,025	2,6	0,100	0,0279	0,9721	17,10	0,15
0,035	3,6	0,120	0,0335	0,9665	17,19	0,21
0,039	4,0	0,140	0,0391	0,9609	17,29	0,23
0,049	5,0	0,160	0,0447	0,9553	17,40	0,29
0,058	5,9	0,180	0,0502	0,9498	17,50	0,34
0,063	6,4	0,200	0,0558	0,9442	17,60	0,37
0,066	6,7	0,220	0,0614	0,9386	17,71	0,38
0,075	7,7	0,240	0,0670	0,9330	17,81	0,43
0,078	8,0	0,260	0,0726	0,9274	17,92	0,44
0,081	8,3	0,280	0,0782	0,9218	18,03	0,46
0,087	8,9	0,300	0,0837	0,9163	18,14	0,49
0,092	9,4	0,320	0,0893	0,9107	18,25	0,52
0,094	9,6	0,340	0,0949	0,9051	18,36	0,52
0,098	10,0	0,360	0,1005	0,8995	18,48	0,54
0,100	10,2	0,380	0,1061	0,8939	18,59	0,55
0,104	10,6	0,400	0,1116	0,8884	18,71	0,57
0,110	11,2	0,420	0,1172	0,8828	18,83	0,60
0,115	11,8	0,440	0,1228	0,8772	18,95	0,62
0,120	12,3	0,460	0,1284	0,8716	19,07	0,64
0,129	13,2	0,480	0,1340	0,8660	19,19	0,69
0,134	13,7	0,500	0,1396	0,8604	19,31	0,71
0,141	14,4	0,520	0,1451	0,8549	19,44	0,74
0,147	15,0	0,540	0,1507	0,8493	19,57	0,77
0,160	16,4	0,560	0,1563	0,8437	19,70	0,83
0,171	17,5	0,580	0,1619	0,8381	19,83	0,88
0,180	18,4	0,600	0,1675	0,8325	19,96	0,92
0,186	19,0	0,620	0,1731	0,8269	20,10	0,95
0,192	19,6	0,640	0,1786	0,8214	20,23	0,97
0,197	20,1	0,660	0,1842	0,8158	20,37	0,99
0,201	20,5	0,680	0,1898	0,8102	20,51	1,00
0,203	20,7	0,700	0,1954	0,8046	20,65	1,00
0,205	20,9	0,720	0,2010	0,7990	20,80	1,01
0,206	21,1	0,740	0,2065	0,7935	20,94	1,01
0,207	21,2	0,760	0,2121	0,7879	21,09	1,00
0,208	21,3	0,780	0,2177	0,7823	21,24	1,00
0,208	21,3	0,800	0,2233	0,7767	21,40	0,99
0,206	21,1	0,820	0,2289	0,7711	21,55	0,98
0,202	20,6	0,840	0,2345	0,7655	21,71	0,95



CELDA DE CARGA	0,25	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
NiSt GM	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

Bogotá D. C. Calle 73 A # 89 A – 32 PBX: 445 9591 Celular: 322 257 7061 – 321 226 8723
geopruebasingenieria@gmail.com https://www.instagram.com/gepruebasing/

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

LIMITES DE CONSISTENCIA
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M 39 NQ***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*47,50 - 49,00*
SOLICITANTE	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	CORDENADAS:	
DESCRIPCION	*Arenizca de grano medio a fino arcillosa algo limosa amarillo ocre.*	FECHA ENSAYO:	*06-ago-24*
		FECHA ENTREGA:	*08-ago-24*

LIMITE LIQUIDO			
Número de Golpes	30	23	16
Vidrio No.	33	94	190
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	20,32	19,18	19,35
Peso del suelo seco + vidrio (g)	16,31	15,31	15,08
Peso del vidrio (g)	5,28	5,15	4,66
% Humedad	36,4	38,1	41,0

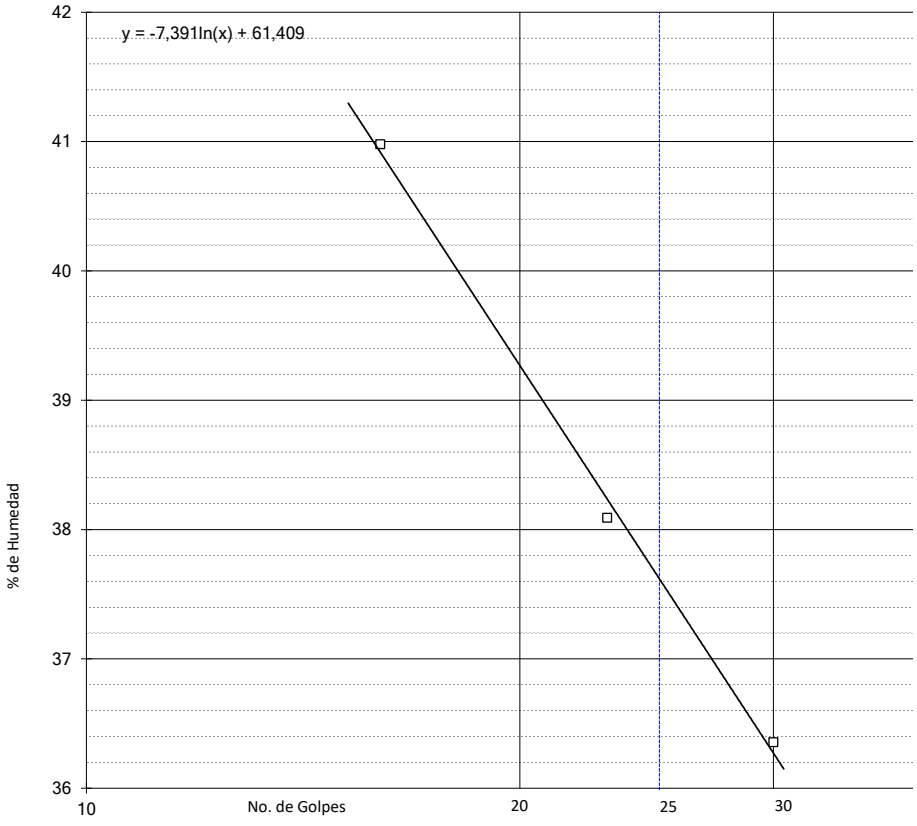
LIMITE PLASTICO			H. NATURAL
Vidrio No.	176	192	B92
Peso del suelo humedo + vidrio (g)	14,68	15,30	162,09
Peso del suelo seco + vidrio (g)	13,5	14,09	139,78
Peso del vidrio (g)	5,06	5,16	41,1
% Humedad	14,0	13,5	22,6

GRADACION			
P1 (grs) =	139,78	P2=	
Tamiz	**Peso retenido**	**% Retenido**	**% Pasa**
			100,0
200	120,11	85,9	14,1
F	19,7	14,1	

RESULTADOS		
Límite Líquido	37,6	%
Límite Plástico	13,8	%
Indice Plasticidad	23,9	%

CLASIFICACION	
Indice de Grupo	
A.A.S.H.T.O.	
U.S.C.S.	**SC**

% DE PARTICULAS - ANALISIS POR TAMIZADO		
Grava		%
Arena	85,9	%
Fino	14,1	%
Cu		
Cc		



ELABORO *NiSt GM*
Tec.Laboratorista

REVISO *El GM*
Area Técnica

APROBO *Ad GM*
Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

PESO ESPECIFICO DEL SUELO

PROYECTO : *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SITIO : *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
FECHA ENSAYO : *06-ago-24*
FECHA ENTREGA : *09-ago-24*

Muestra	SC 03 - M5	SC 03 - M7	SC 03 - M 13	SC 03 - M 19	SC 03 - M 23	SC 03 - M 28	SC 03 - M 39
Profundidad (m)	6,50 - 7,00	9,50 - 1,00	18,50 - 19,00	27,50 - 28,00	32,00 - 32,50	38,00 - 38,50	47,50 - 49,00
Tx , °C							
Wa , Grs	92,62	80,62	78,00	80,49	76,06	81,19	77,11
Wb , Grs	102,15	90,01	87,18	89,06	85,61	89,79	86,6
(Wa - Wb)	-9,53	-9,39	-9,18	-8,57	-9,55	-8,60	-9,52
Wo , Grs	15,30	15,18	14,87	13,95	15,37	13,92	15,37
Wo , + (Wa - Wb)	5,77	5,79	5,69	5,38	5,82	5,32	5,85
PStx = (Wo / (Wo + (Wa - Wb))	**2,652**	**2,622**	**2,613**	**2,593**	**2,641**	**2,617**	**2,627**
Picnómetro o frasco Nº	2	5	8	4	7	10	9

K = Factor de correción
PS a 20 °C = Peso específico a 20 °C
PStx = Peso específico a la temperatura Tx
Tx , = Temperatura del agua y muestra al momento de terminar el Wb, en °C
Wa , = Peso del picnómetro lleno con agua a la temperatura Tx, Grs
Wb , = Peso picnómetro con agua y muestra , Grs
Wo , = Peso seco de la muestra en Grs

OBSERVACIONES :

ELABORÓ:	REVISO	APROBÓ:
NiEs GM	*El GM*	*Ad GM*
Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingeniería S.A.S.

18220

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma I.N.V. E - 152 NTC - 1527

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M40 NQ***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*49,00 - 50,50*
SOLICITANTE:	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	FECHA DE TOMA:	*13-ago-24*
DESCRIPCION:	*Arenisca color marron claro, vetas grises verdosas.*	FECHA ENTREGA:	*15-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	4,7	cm
Altura	8,8	cm
Area	17,37	cm²
Volumen	152,78	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	388,43	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	370,10	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	5,0	%

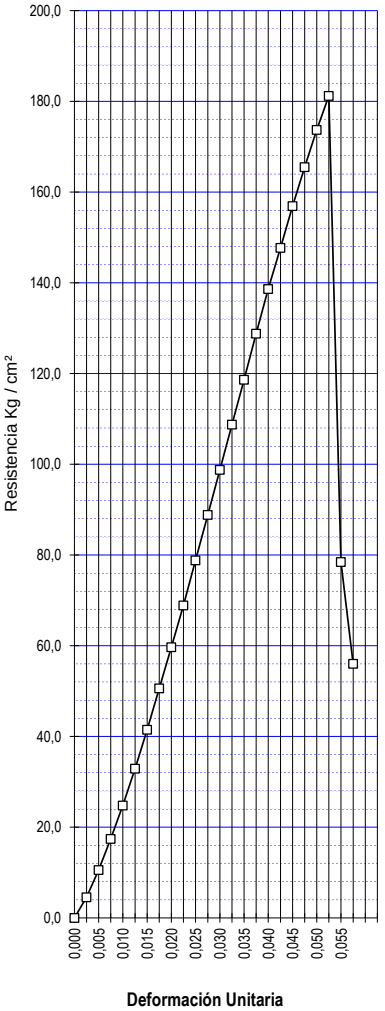

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	181,21
Cu (Kg./cm²)	90,61
Consistencia del suelo	Dura

PESO UNITARIO

Húmedo	2,542	g/cm³
Seco	2,422	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. mm	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,00	0,0	0,000	0,0000	0,0000	17,37	0,00
0,783	79,8	0,220	0,0025	0,9975	17,41	4,58
1,808	184,4	0,440	0,0050	0,9950	17,46	10,56
2,996	305,5	0,660	0,0075	0,9925	17,50	17,45
4,266	435,0	0,880	0,0100	0,9900	17,55	24,79
5,676	578,8	1,100	0,0125	0,9875	17,59	32,90
7,177	731,9	1,320	0,0150	0,9850	17,64	41,50
8,779	895,2	1,540	0,0175	0,9825	17,68	50,63
10,378	1058,3	1,760	0,0200	0,9800	17,73	59,70
12,006	1224,3	1,980	0,0225	0,9775	17,77	68,89
13,776	1404,8	2,200	0,0250	0,9750	17,82	78,85
15,562	1586,9	2,420	0,0275	0,9725	17,86	88,84
17,349	1769,1	2,640	0,0300	0,9700	17,91	98,78
19,148	1952,6	2,860	0,0325	0,9675	17,96	108,75
20,948	2136,1	3,080	0,0350	0,9650	18,00	118,66
22,799	2324,9	3,300	0,0375	0,9625	18,05	128,81
24,601	2508,6	3,520	0,0400	0,9600	18,10	138,63
26,286	2680,5	3,740	0,0425	0,9575	18,14	147,75
27,995	2854,7	3,960	0,0450	0,9550	18,19	156,94
29,602	3018,6	4,180	0,0475	0,9525	18,24	165,51
31,146	3176,1	4,390	0,0499	0,9501	18,28	173,71
32,573	3321,6	4,600	0,0523	0,9477	18,33	181,21
14,145	1442,4	4,810	0,0547	0,9453	18,38	78,49
9,544	973,2	0,000	0,0000	1,0000	17,37	56,02



CELDA DE CARGA	50,00	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S. No tendra validez sin el sello seco.

Bogotá D. C. Calle 73 A # 89 A – 32 PBX: 445 9591 Celular: 322 257 7061 – 321 226 8723
geopruebasingenieria@gmail.com https://www.instagram.com/gepruebasing/

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

CORTE DIRECTO (CU)
CONSOLIDADO NO DRENADO

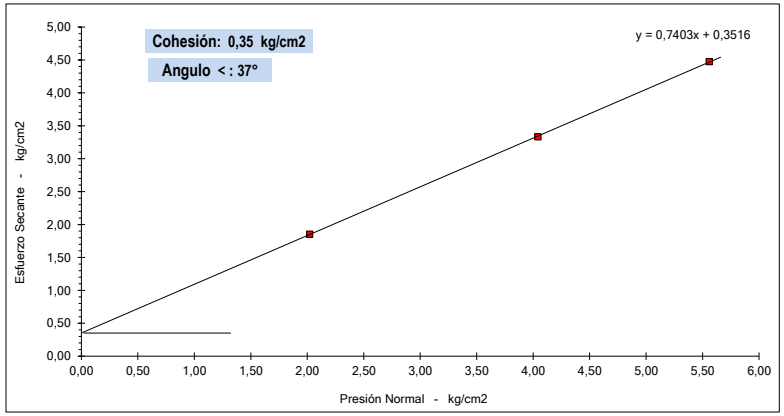
PROYECTO: *EXPLORACION TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU*
SITIO: *MONTERIA - CORDOBA. APOYO PILA CENTRAL MARGEN IZQUIERDA* COORDENADAS:
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ing. Edgar Forero*
DESCRIPCION VISUAL: *Arenisca color marron claro, vetas grises verdosas.*

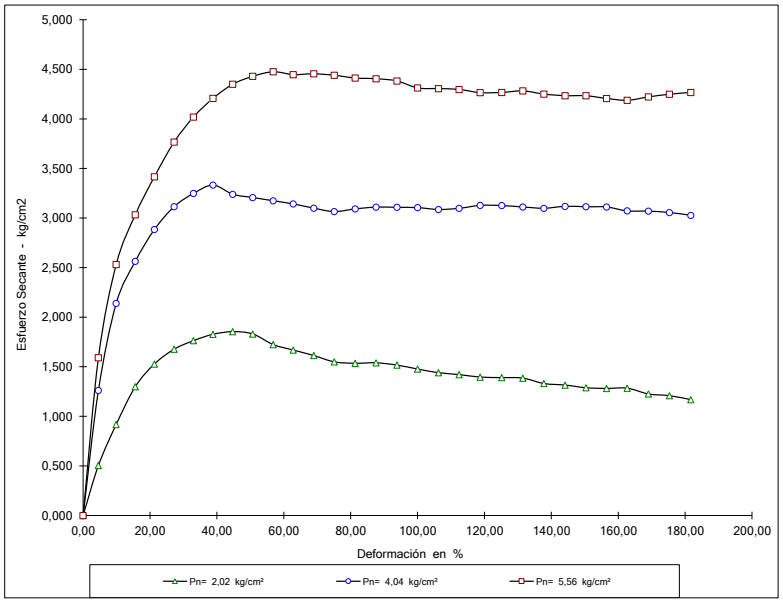
MUESTRA: *SC 03 - M40 NQ*
PROFUND (m): *49,00 - 50,50*
FECHA ENSAYO: *05-ago-24*
FECHA ENTREGA: *14-ago-24*

CELDA DE CARGA 25,0 KN **CÁMARA** 01

Deformación Horiz. mm	Deformación %	Área Corregida cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2
0,0000	0,00	19,78	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2300	4,58	19,67	0,097	9,92	0,504	0,243	24,820	1,262	0,307	31,310	1,592
0,4967	9,90	19,54	0,176	17,93	0,918	0,410	41,780	2,139	0,485	49,450	2,531
0,7833	15,61	19,39	0,247	25,19	1,299	0,487	49,700	2,563	0,577	58,820	3,033
1,0700	21,32	19,25	0,288	29,41	1,528	0,544	55,510	2,884	0,645	65,760	3,417
1,3667	27,23	19,10	0,314	32,03	1,677	0,583	59,490	3,115	0,705	71,940	3,767
1,6567	33,01	18,95	0,328	33,42	1,763	0,604	61,560	3,248	0,747	76,160	4,018
1,9500	38,85	18,81	0,337	34,37	1,828	0,614	62,660	3,332	0,776	79,120	4,207
2,2467	44,76	18,66	0,339	34,59	1,854	0,593	60,440	3,240	0,796	81,150	4,350
2,5467	50,74	18,51	0,332	33,88	1,831	0,582	59,350	3,207	0,804	81,970	4,429
2,8533	56,85	18,35	0,310	31,63	1,723	0,571	58,260	3,175	0,805	82,130	4,475
3,1533	62,83	18,20	0,298	30,37	1,669	0,561	57,200	3,143	0,794	80,940	4,447
3,4633	69,00	18,05	0,285	29,11	1,613	0,548	55,930	3,099	0,788	80,390	4,455
3,7700	75,11	17,89	0,272	27,72	1,549	0,538	54,840	3,065	0,779	79,440	4,440
4,0833	81,36	17,74	0,267	27,23	1,535	0,538	54,840	3,092	0,767	78,250	4,412
4,3967	87,60	17,58	0,265	27,07	1,540	0,536	54,670	3,110	0,759	77,430	4,405
4,7100	93,84	17,42	0,259	26,43	1,517	0,531	54,140	3,108	0,749	76,350	4,383
5,0200	100,02	17,26	0,250	25,50	1,477	0,526	53,610	3,105	0,730	74,450	4,312
5,3333	106,26	17,11	0,242	24,64	1,440	0,518	52,800	3,086	0,722	73,660	4,306
5,6433	112,44	16,95	0,236	24,09	1,421	0,515	52,520	3,098	0,714	72,840	4,297
5,9600	118,75	16,79	0,230	23,44	1,396	0,515	52,520	3,127	0,702	71,620	4,265
6,2833	125,19	16,63	0,227	23,13	1,391	0,510	51,990	3,126	0,696	70,960	4,267
6,6000	131,50	16,47	0,224	22,82	1,385	0,503	51,250	3,111	0,692	70,540	4,282
6,9167	137,81	16,31	0,213	21,71	1,331	0,496	50,550	3,099	0,680	69,330	4,250
7,2333	144,12	16,15	0,208	21,25	1,315	0,494	50,370	3,118	0,671	68,400	4,234
7,5467	150,36	16,00	0,202	20,61	1,288	0,488	49,810	3,114	0,664	67,720	4,233
7,8567	156,54	15,84	0,199	20,30	1,281	0,483	49,280	3,111	0,653	66,630	4,206
8,1667	162,72	15,69	0,197	20,14	1,284	0,473	48,190	3,072	0,644	65,680	4,187
8,4833	169,02	15,53	0,187	19,03	1,226	0,467	47,660	3,070	0,643	65,550	4,222
8,8000	175,33	15,37	0,182	18,57	1,208	0,460	46,960	3,056	0,640	65,290	4,249
9,1200	181,71	15,21	0,174	17,77	1,169	0,451	46,040	3,028	0,636	64,890	4,267

Carga Normal	kg	40,00	80,00	110,00
Presión Normal	kg/cm²	**2,02**	**4,04**	**5,56**
Área Inicial	cm²	19,78	19,78	19,78
Volumen	cm³	40,72	40,72	40,72
Peso Muestra	gr	100,3	100,2	100,3
Densidad Total	gr/cm³	2,463	2,461	2,462
Humedad Inicial	%	5,0	5,0	5,0
Humedad Final	%	17,6	15,1	11,4
Consolidación Lect. Deformación inicial	mm	0,000	0,000	0,000
Consolidación Lect. Deformación final	mm	0,260	0,314	0,476
Esfuerzo Secante	kg/cm²	**1,85**	**3,33**	**4,48**





OBSEVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Área Técnica	Dirección Técnica

Este informe no podrá reproducirse parcial o total sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingenieria S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

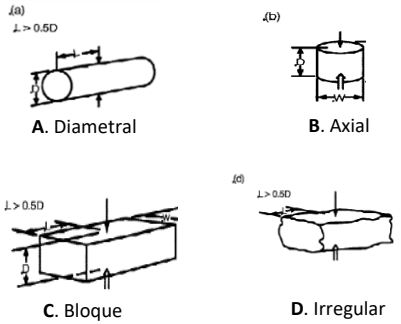
CARGA PUNTUAL

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*

MUESTRA: ***SC 03 - M41 NQ***
PROFUNDIDAD: *50,50 - 52,00*
FECHA ENREGA: *19-ago-24*

TIPO DE CARGA	testigo	DIMENSIONES (mm)			CARGA (P)	CARGA (P)	De^2	Is (MPa)	F (Factor corr.)	Is_{50} (MPa)
		DIAMETRO	Wprom	LONGITUD	Kg	KN	(mm^2)			
Diametral	a	46,78		57,98	79,3	777,93	2188,4	0,36	0,97	0,34
Diametral	b	46,18		37,08	125,2	1228,21	2132,6	0,58	0,96	0,56
Irregular	c	46,17	28,39	55,40	140,1	1374,4	1668,9	0,82	0,96	0,79
						PROMEDIO		**0,58**		**0,57**

TIPO DE CARGA





OBSERVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingenieria S. A. S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma I.N.V. E - 152 NTC - 1527

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M42 NQ***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*52,00 - 53,50*
SOLICITANTE:	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	FECHA DE TOMA:	*13-ago-24*
DESCRIPCION:	*Arenisca color marron claro, vetas grises con oxidaciones.*	FECHA ENTREGA:	*15-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	4,7	cm
Altura	9,5	cm
Area	17,50	cm²
Volumen	166,61	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	406,82	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	383,29	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	6,1	%

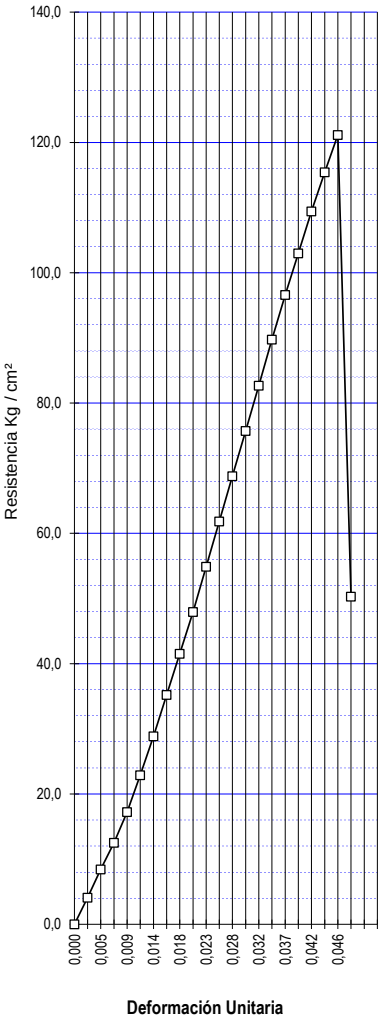

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	121,16
Cu (Kg./cm²)	60,58
Consistencia del suelo	Dura

PESO UNITARIO

Húmedo	2,442	g/cm³
Seco	2,301	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. mm	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,00	0,0	0,000	0,0000	0,0000	17,50	0,00
0,702	71,6	0,220	0,0023	0,9977	17,54	4,08
1,452	148,1	0,440	0,0046	0,9954	17,59	8,42
2,164	220,7	0,660	0,0069	0,9931	17,63	12,52
2,986	304,5	0,880	0,0092	0,9908	17,67	17,23
3,974	405,2	1,100	0,0116	0,9884	17,71	22,88
5,024	512,3	1,320	0,0139	0,9861	17,75	28,86
6,145	626,6	1,540	0,0162	0,9838	17,79	35,22
7,265	740,8	1,760	0,0185	0,9815	17,83	41,54
8,404	857,0	1,980	0,0208	0,9792	17,88	47,94
9,644	983,4	2,200	0,0231	0,9769	17,92	54,88
10,893	1110,8	2,420	0,0254	0,9746	17,96	61,84
12,144	1238,4	2,640	0,0277	0,9723	18,00	68,79
13,404	1366,8	2,860	0,0300	0,9700	18,05	75,74
14,664	1495,3	3,080	0,0324	0,9676	18,09	82,66
15,959	1627,4	3,300	0,0347	0,9653	18,13	89,75
17,220	1756,0	3,520	0,0370	0,9630	18,18	96,61
18,401	1876,4	3,740	0,0393	0,9607	18,22	102,98
19,596	1998,3	3,960	0,0416	0,9584	18,26	109,41
20,721	2113,0	4,180	0,0439	0,9561	18,31	115,41
21,803	2223,3	4,390	0,0461	0,9539	18,35	121,16
9,072	925,1	4,600	0,0483	0,9517	18,39	50,30



CELDA DE CARGA	50,00	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S. No tendra validez sin el sello seco.

Bogotá D. C. Calle 73 A # 89 A – 32 PBX: 445 9591 Celular: 322 257 7061 – 321 226 8723
geopruebasingenieria@gmail.com https://www.instagram.com/gepruebasing/

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

CORTE DIRECTO (CU)
CONSOLIDADO NO DRENADO

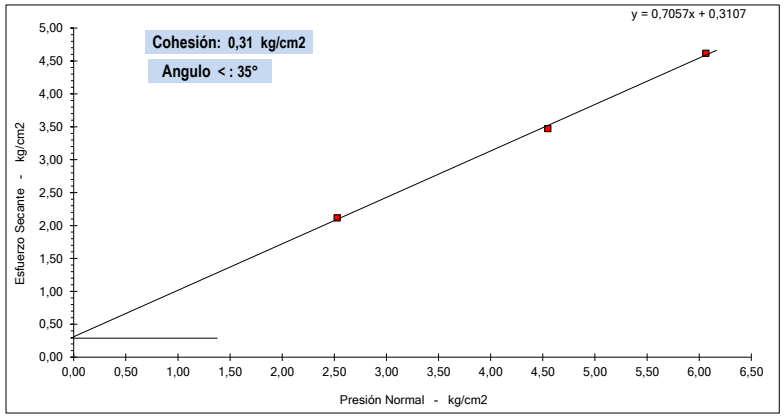
PROYECTO: *EXPLORACION TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU*
SITIO: *MONTERIA - CORDOBA. APOYO PILA CENTRAL MARGEN IZQUIERDA* COORDENADAS:
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ing. Edgar Forero*
DESCRIPCION VISUAL: *Arenisca, color marron claro, vetas grises oxido.*

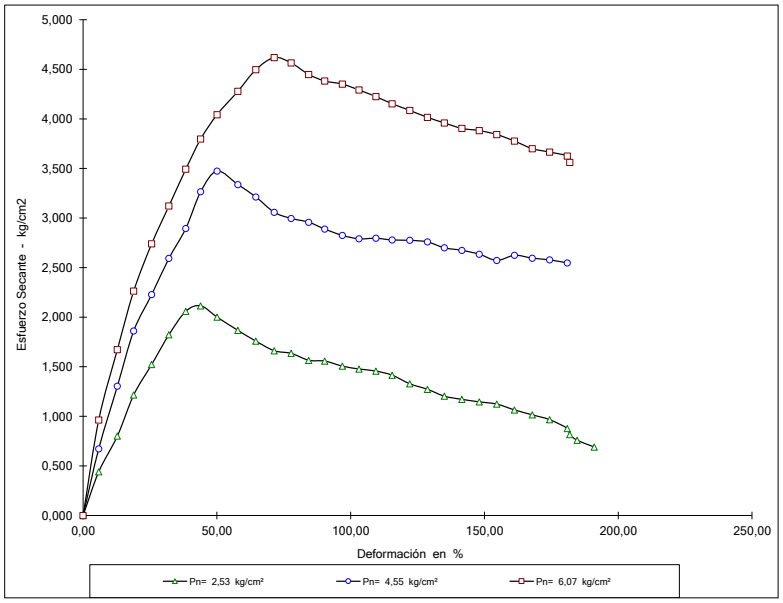
MUESTRA: *SC 03 - M42 NQ*
PROFUND (m): *52,00 - 53,50*
FECHA ENSAYO: *11-ago-24*
FECHA ENTREGA: *14-ago-24*

CELDA DE CARGA 25,0 KN **CÁMARA** 01

Deformación Horiz. mm	Deformación %	Área Corregida cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2
0,0000	0,00	19,78	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2933	5,84	19,64	0,085	8,65	0,440	0,130	13,210	0,673	0,185	18,910	0,963
0,6433	12,82	19,46	0,153	15,60	0,802	0,249	25,390	1,305	0,319	32,570	1,674
0,9500	18,93	19,31	0,230	23,48	1,216	0,353	35,950	1,862	0,429	43,720	2,264
1,2867	25,64	19,14	0,286	29,15	1,523	0,418	42,640	2,228	0,514	52,440	2,740
1,6100	32,08	18,98	0,339	34,59	1,823	0,482	49,200	2,593	0,581	59,230	3,121
1,9267	38,39	18,82	0,380	38,75	2,059	0,534	54,480	2,895	0,644	65,720	3,492
2,2067	43,97	18,68	0,387	39,49	2,114	0,598	61,000	3,266	0,696	70,930	3,798
2,5133	50,08	18,52	0,363	37,06	2,001	0,631	64,340	3,474	0,734	74,880	4,043
2,9033	57,85	18,33	0,336	34,22	1,867	0,600	61,170	3,338	0,769	78,410	4,278
3,2400	64,55	18,16	0,313	31,94	1,759	0,572	58,340	3,213	0,801	81,640	4,496
3,5867	71,46	17,98	0,293	29,88	1,661	0,539	54,990	3,058	0,814	83,050	4,618
3,9033	77,77	17,83	0,286	29,15	1,635	0,524	53,410	2,996	0,798	81,360	4,564
4,2333	84,35	17,66	0,271	27,64	1,565	0,512	52,230	2,958	0,770	78,550	4,448
4,5333	90,32	17,51	0,267	27,27	1,557	0,496	50,580	2,889	0,752	76,730	4,382
4,8633	96,90	17,34	0,256	26,13	1,507	0,480	48,990	2,825	0,740	75,460	4,351
5,1767	103,14	17,19	0,249	25,39	1,477	0,470	47,960	2,791	0,723	73,750	4,291
5,4933	109,45	17,03	0,243	24,80	1,456	0,467	47,610	2,796	0,705	71,930	4,224
5,7967	115,49	16,88	0,234	23,88	1,415	0,460	46,890	2,779	0,687	70,080	4,153
6,1300	122,14	16,71	0,218	22,19	1,328	0,455	46,370	2,775	0,669	68,250	4,085
6,4600	128,71	16,54	0,206	21,05	1,273	0,448	45,640	2,759	0,651	66,430	4,016
6,7767	135,02	16,38	0,193	19,72	1,204	0,434	44,230	2,700	0,636	64,860	3,959
7,1067	141,60	16,22	0,186	18,99	1,171	0,425	43,370	2,674	0,621	63,310	3,904
7,4333	148,10	16,05	0,180	18,40	1,146	0,415	42,300	2,635	0,611	62,320	3,882
7,7600	154,61	15,89	0,175	17,85	1,123	0,401	40,880	2,573	0,599	61,050	3,842
8,0933	161,25	15,72	0,164	16,74	1,065	0,405	41,260	2,624	0,582	59,370	3,776
8,4267	167,90	15,56	0,155	15,79	1,015	0,396	40,370	2,595	0,564	57,550	3,700
8,7533	174,40	15,39	0,146	14,87	0,966	0,389	39,680	2,578	0,553	56,410	3,665
9,0833	180,98	15,23	0,131	13,36	0,877	0,380	38,780	2,547	0,541	55,200	3,625
9,1300	181,91	15,20	0,122	12,40	0,816				0,531	54,150	3,562
9,2700	184,70	15,13	0,113	11,48	0,759						
9,5900	191,07	14,97	0,101	10,34	0,691						

Carga Normal	kg	50,00	90,00	120,00
Presión Normal	kg/cm²	**2,53**	**4,55**	**6,07**
Área Inicial	cm²	19,78	19,78	19,78
Volumen	cm³	40,72	40,72	40,72
Peso Muestra	gr	99,7	99,6	99,8
Densidad Total	gr/cm³	2,448	2,447	2,450
Humedad Inicial	%	6,1	6,1	6,1
Humedad Final	%	15,8	14,2	11,7
Consolidación Lect. Deformación inicial	mm	0,000	0,000	0,000
Consolidación Lect. Deformación final	mm	0,247	0,322	0,422
Esfuerzo Secante	kg/cm²	**2,11**	**3,47**	**4,62**





OBSEVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Área Técnica	Dirección Técnica

Este informe no podrá reproducirse parcial o total sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingenieria S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma I.N.V. E - 152 NTC - 1527

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M43 NQ***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*53,50 - 55,00*
SOLICITANTE:	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	FECHA DE TOMA:	*13-ago-24*
DESCRIPCION:	*Arcillolita color marron claro amarilloso, vetas beigs, grises con oxidaciones.*	FECHA ENTREGA:	*15-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA

Diámetro	4,7	cm
Altura	8,8	cm
Area	17,42	cm²
Volumen	153,16	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso Vdr+Mtra.Hum	322,76	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	271,22	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	19,0	%



plano de falla

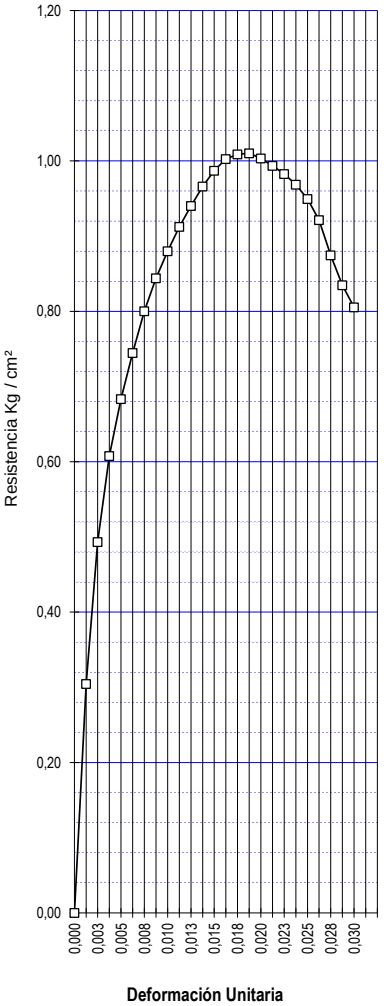
RESULTADOS

qu (Kg./cm²)	1,01
Cu (Kg./cm²)	0,51
Consistencia del suelo	Firme

PESO UNITARIO

Húmedo	2,107	g/cm³
Seco	1,771	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. mm	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,00	0,0	0,000	0,0000	0,0000	17,42	0,00
0,052	5,3	0,110	0,0013	0,9987	17,44	0,30
0,084	8,6	0,220	0,0025	0,9975	17,46	0,49
0,104	10,6	0,330	0,0038	0,9962	17,48	0,61
0,117	12,0	0,440	0,0050	0,9950	17,50	0,68
0,128	13,1	0,550	0,0063	0,9937	17,53	0,74
0,138	14,0	0,660	0,0075	0,9925	17,55	0,80
0,145	14,8	0,770	0,0088	0,9912	17,57	0,84
0,152	15,5	0,880	0,0100	0,9900	17,59	0,88
0,158	16,1	0,990	0,0113	0,9887	17,61	0,91
0,163	16,6	1,100	0,0125	0,9875	17,64	0,94
0,167	17,1	1,210	0,0138	0,9862	17,66	0,97
0,171	17,5	1,320	0,0150	0,9850	17,68	0,99
0,174	17,8	1,430	0,0163	0,9837	17,70	1,00
0,175	17,9	1,540	0,0175	0,9825	17,73	1,01
0,176	17,9	1,650	0,0188	0,9812	17,75	1,01
0,175	17,8	1,760	0,0200	0,9800	17,77	1,00
0,173	17,7	1,870	0,0213	0,9787	17,79	0,99
0,172	17,5	1,980	0,0225	0,9775	17,82	0,98
0,169	17,3	2,090	0,0238	0,9762	17,84	0,97
0,166	17,0	2,200	0,0250	0,9750	17,86	0,95
0,162	16,5	2,310	0,0263	0,9737	17,89	0,92
0,154	15,7	2,420	0,0275	0,9725	17,91	0,87
0,147	15,0	2,530	0,0288	0,9712	17,93	0,83
0,142	14,5	2,640	0,0300	0,9700	17,95	0,81



CELDA DE CARGA 5,00 **KN**

OBSERVACIONES

ELABORO	*JuC SZ*	**REVISO**	*El GM*	**APROBO**	*Ad GM*
	Tec. Laboratorista		Area Tecnica		Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S. No tendra validez sin el sello seco.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

CORTE DIRECTO (CU)
CONSOLIDADO NO DRENADO

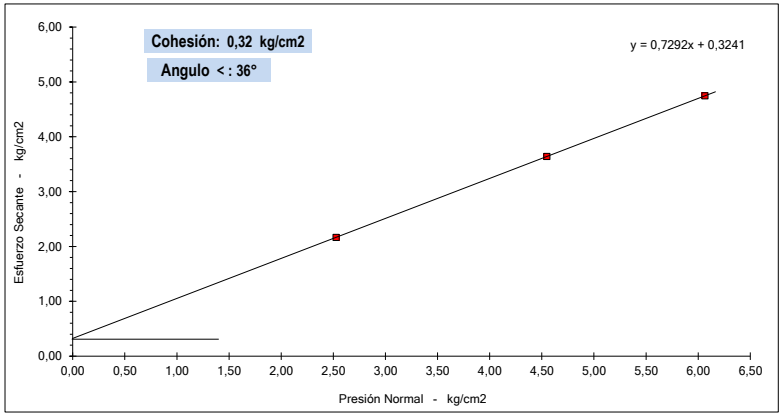
PROYECTO: *EXPLORACION TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU*
SITIO: *MONTERIA - CORDOBA. APOYO PILA CENTRAL MARGEN IZQUIERDA* COORDENADAS:
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ing. Edgar Forero*
DESCRIPCION VISUAL: *Arenisca, color marron claro, vetas beigs con oxido.*

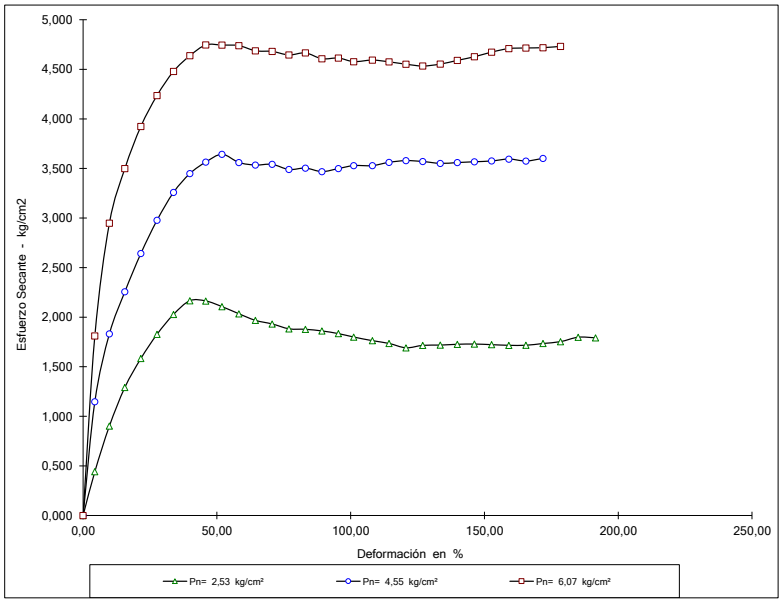
MUESTRA: *SC 03 - M44 NQ*
PROFUND (m): *55,00 - 56,50*
FECHA ENSAYO: *08-ago-24*
FECHA ENTREGA: *14-ago-24*

CELDA DE CARGA 25,0 KN **CÁMARA** 01

Deformación Horiz. mm	Deformación %	Área Corregida cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2
0,0000	0,00	19,78	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2200	4,38	19,67	0,085	8,69	0,442	0,221	22,580	1,148	0,349	35,620	1,811
0,4933	9,83	19,54	0,173	17,63	0,902	0,351	35,780	1,831	0,565	57,590	2,948
0,7833	15,61	19,39	0,246	25,05	1,292	0,429	43,750	2,256	0,665	67,840	3,498
1,0833	21,58	19,24	0,299	30,46	1,583	0,499	50,840	2,642	0,740	75,500	3,924
1,3867	27,63	19,09	0,342	34,88	1,827	0,557	56,830	2,977	0,793	80,860	4,236
1,6967	33,80	18,93	0,377	38,40	2,028	0,605	61,700	3,259	0,832	84,810	4,480
2,0033	39,91	18,78	0,399	40,68	2,166	0,635	64,760	3,449	0,854	87,080	4,637
2,3033	45,89	18,63	0,395	40,30	2,163	0,651	66,410	3,565	0,867	88,410	4,746
2,6067	51,94	18,48	0,382	38,92	2,106	0,660	67,300	3,643	0,860	87,660	4,744
2,9233	58,25	18,32	0,365	37,26	2,034	0,639	65,210	3,560	0,851	86,800	4,739
3,2333	64,42	18,16	0,350	35,74	1,968	0,630	64,200	3,535	0,835	85,120	4,687
3,5467	70,66	18,00	0,341	34,78	1,932	0,625	63,760	3,541	0,826	84,260	4,680
3,8633	76,97	17,85	0,329	33,60	1,883	0,611	62,270	3,489	0,813	82,890	4,645
4,1700	83,08	17,69	0,326	33,22	1,878	0,608	61,990	3,504	0,809	82,540	4,666
4,4800	89,26	17,54	0,320	32,64	1,861	0,596	60,820	3,468	0,792	80,780	4,607
4,7900	95,44	17,38	0,313	31,88	1,834	0,596	60,820	3,499	0,786	80,190	4,614
5,0767	101,15	17,24	0,304	31,02	1,800	0,596	60,820	3,529	0,774	78,900	4,577
5,4267	108,12	17,06	0,295	30,08	1,763	0,590	60,210	3,529	0,768	78,360	4,593
5,7400	114,37	16,90	0,288	29,33	1,735	0,590	60,210	3,562	0,758	77,340	4,575
6,0567	120,67	16,74	0,278	28,32	1,691	0,588	59,930	3,579	0,747	76,210	4,551
6,3733	126,98	16,59	0,279	28,46	1,716	0,581	59,210	3,570	0,737	75,190	4,533
6,7000	133,49	16,42	0,277	28,22	1,718	0,572	58,320	3,551	0,733	74,760	4,553
7,0200	139,87	16,26	0,275	28,08	1,727	0,568	57,880	3,559	0,732	74,640	4,590
7,3400	146,24	16,10	0,273	27,84	1,729	0,563	57,440	3,568	0,730	74,490	4,627
7,6633	152,69	15,94	0,269	27,46	1,723	0,559	56,990	3,576	0,730	74,490	4,674
7,9867	159,13	15,78	0,266	27,08	1,717	0,556	56,710	3,595	0,728	74,290	4,709
8,3067	165,50	15,62	0,263	26,81	1,717	0,547	55,830	3,575	0,722	73,630	4,715
8,6267	171,88	15,45	0,263	26,81	1,735	0,546	55,670	3,602	0,715	72,920	4,718
8,9567	178,46	15,29	0,263	26,81	1,754				0,709	72,340	4,731
9,2867	185,03	15,12	0,267	27,19	1,798						
9,6133	191,54	14,96	0,263	26,81	1,792						

Carga Normal	kg	50,00	90,00	120,00
Presión Normal	kg/cm²	**2,53**	**4,55**	**6,07**
Área Inicial	cm²	19,78	19,78	19,78
Volumen	cm³	40,72	40,72	40,72
Peso Muestra	gr	101,4	101,3	101,4
Densidad Total	gr/cm³	2,490	2,488	2,489
Humedad Inicial	%	7,0	7,0	7,0
Humedad Final	%	17,3	15,2	12,5
Consolidación Lect. Deformación inicial	mm	0,000	0,000	0,000
Consolidación Lect. Deformación final	mm	0,107	0,212	0,351
Esfuerzo Secante	kg/cm²	**2,17**	**3,64**	**4,75**





OBSEVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Área Técnica	Dirección Técnica

Este informe no podrá reproducirse parcial o total sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingenieria S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

CARGA PUNTUAL

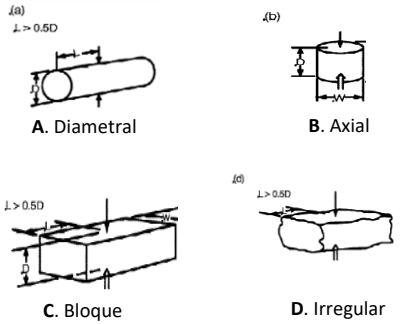
FORMATO GL - F - 36 v. 03 Actualizado 08 - 2019
Area de Rocas
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24
NORMA **ASTM** D 531 - 95

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*

MUESTRA: ***SC 03 - M44 NQ***
PROFUNDIDAD: *55,00 - 56,50*
FECHA ENREGA: *19-ago-24*

TIPO DE CARGA	testigo	DIMENSIONES (mm)			CARGA (P)	CARGA (P)	De^2	Is (MPa)	F (Factor corr.)	Is_{50} (MPa)
		DIAMETRO	Wprom	LONGITUD	Kg	KN	(mm^2)			
Diametral	a	46,64		55,18	122,0	1196,82	2175,3	0,55	0,97	0,53
Diametral	b	46,8		47,17	284,3	2788,98	2190,2	1,27	0,97	1,24
Diametral	c	46,66		33,17	279,6	2742,88	2177,2	1,26	0,97	1,22
							PROMEDIO	**1,03**		**1,00**

TIPO DE CARGA





OBSERVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingenieria S. A. S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

CORTE DIRECTO (CU)
CONSOLIDADO NO DRENADO

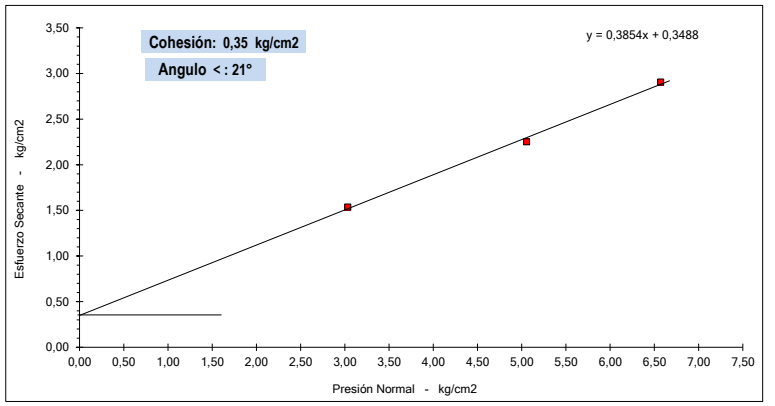
PROYECTO: *EXPLORACION TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU*
SITIO: *MONTERIA - CORDOBA. APOYO PILA CENTRAL MARGEN IZQUIERDA* COORDENADAS:
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ing. Edgar Forero*
DESCRIPCION VISUAL: *Arcilla color gris verdoso, vetas amarillas con oxidaciones.*

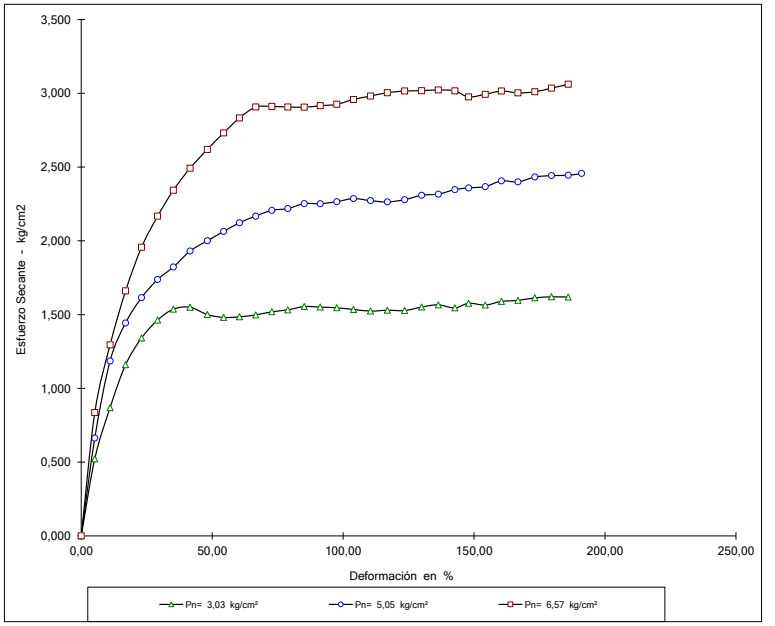
MUESTRA: *SC 03 - M 46 NQ*
PROFUND (m): *58,00 - 59,50*
FECHA ENSAYO: *06-ago-24*
FECHA ENTREGA: *15-ago-24*

CELDA DE CARGA 25,0 KN **CÁMARA** 01

Deformación Horiz. mm	Deformación %	Área Corregida cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2
0,0000	0,00	19,78	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2600	5,18	19,65	0,101	10,27	0,523	0,128	13,040	0,663	0,161	16,420	0,835
0,5533	11,02	19,51	0,166	16,96	0,869	0,227	23,130	1,186	0,248	25,250	1,294
0,8500	16,94	19,36	0,220	22,45	1,160	0,274	27,940	1,443	0,315	32,140	1,660
1,1567	23,05	19,20	0,253	25,76	1,341	0,304	31,010	1,615	0,369	37,580	1,957
1,4633	29,16	19,05	0,273	27,86	1,462	0,325	33,110	1,738	0,405	41,280	2,167
1,7667	35,20	18,90	0,285	29,04	1,537	0,338	34,440	1,822	0,434	44,280	2,343
2,0867	41,58	18,74	0,285	29,04	1,550	0,355	36,180	1,931	0,458	46,700	2,492
2,4167	48,15	18,57	0,273	27,86	1,500	0,364	37,150	2,000	0,477	48,650	2,620
2,7300	54,39	18,41	0,267	27,27	1,481	0,373	38,000	2,064	0,493	50,300	2,732
3,0333	60,44	18,26	0,266	27,12	1,485	0,380	38,760	2,122	0,507	51,740	2,833
3,3433	66,61	18,11	0,266	27,12	1,498	0,385	39,250	2,168	0,516	52,630	2,907
3,6533	72,79	17,95	0,267	27,27	1,519	0,388	39,610	2,207	0,512	52,250	2,911
3,9600	78,90	17,80	0,267	27,27	1,532	0,387	39,490	2,219	0,507	51,740	2,907
4,2733	85,14	17,64	0,269	27,42	1,554	0,390	39,730	2,252	0,503	51,260	2,906
4,5800	91,25	17,49	0,266	27,12	1,551	0,386	39,370	2,252	0,500	50,980	2,916
4,8967	97,56	17,33	0,263	26,79	1,546	0,385	39,250	2,265	0,497	50,690	2,926
5,2167	103,94	17,17	0,258	26,35	1,535	0,385	39,250	2,286	0,498	50,780	2,958
5,5433	110,45	17,00	0,254	25,91	1,524	0,379	38,640	2,273	0,497	50,690	2,981
5,8667	116,89	16,84	0,253	25,76	1,530	0,374	38,120	2,264	0,496	50,590	3,004
6,1967	123,46	16,67	0,250	25,47	1,527	0,373	38,000	2,279	0,493	50,280	3,015
6,5233	129,97	16,51	0,251	25,61	1,551	0,374	38,120	2,309	0,489	49,820	3,017
6,8433	136,35	16,35	0,251	25,61	1,566	0,371	37,880	2,317	0,485	49,420	3,023
7,1600	142,66	16,19	0,245	25,02	1,545	0,373	38,000	2,347	0,479	48,840	3,017
7,4233	147,90	16,06	0,248	25,32	1,577	0,371	37,880	2,359	0,469	47,780	2,975
7,7433	154,28	15,90	0,244	24,88	1,565	0,369	37,640	2,368	0,467	47,590	2,993
8,0533	160,46	15,74	0,245	25,02	1,589	0,371	37,880	2,406	0,465	47,470	3,015
8,3700	166,77	15,58	0,244	24,88	1,597	0,367	37,390	2,399	0,459	46,800	3,003
8,6933	173,21	15,42	0,244	24,88	1,613	0,368	37,510	2,432	0,455	46,420	3,010
9,0133	179,58	15,26	0,243	24,73	1,621	0,365	37,270	2,442	0,454	46,320	3,035
9,3333	185,96	15,10	0,240	24,44	1,619	0,362	36,910	2,444	0,453	46,220	3,061
9,5900	191,07	14,97				0,361	36,780	2,457			

Carga Normal	kg	60,00	100,00	130,00
Presión Normal	kg/cm²	**3,03**	**5,05**	**6,57**
Área Inicial	cm²	19,78	19,78	19,78
Volumen	cm³	40,72	40,72	40,72
Peso Muestra	gr	72,5	72,7	72,5
Densidad Total	gr/cm³	1,781	1,785	1,782
Humedad Inicial	%	37,0	37,0	37,0
Humedad Final	%	45,3	40,1	34,4
Consolidación Lect. Deformación inicial	mm	0,000	0,000	0,000
Consolidación Lect. Deformación final	mm	0,607	1,171	2,040
Esfuerzo Secante	kg/cm²	**1,54**	**2,25**	**2,91**





OBSEVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Área Técnica	Dirección Técnica

Este informe no podrá reproducirse parcial o total sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingeniería S.A.S.

18229

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

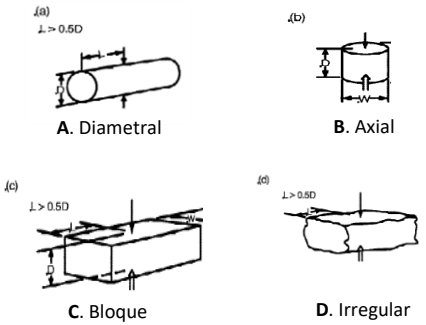
CARGA PUNTUAL

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*

MUESTRA: ***SC 03 - M47 NQ***
PROFUNDIDAD: *59,50 - 61,00*
FECHA ENREGA: *19-ago-24*

TIPO DE CARGA	testigo	DIMENSIONES (mm)			CARGA (P)	CARGA (P)	De^2	Is (MPa)	F (Factor corr.)	Is_{50} (MPa)
		DIAMETRO	Wprom	LONGITUD	Kg	KN	(mm^2)			
Diametral	a	46,82		40,97	153,1	1501,91	2192,1	0,69	0,97	0,67
Irregular	b	46,62	36,10	46,07	96,9	950,59	2142,8	0,44	0,97	0,43
						PROMEDIO		**0,56**		**0,55**

TIPO DE CARGA





OBSERVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingenieria S. A. S.

18230

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

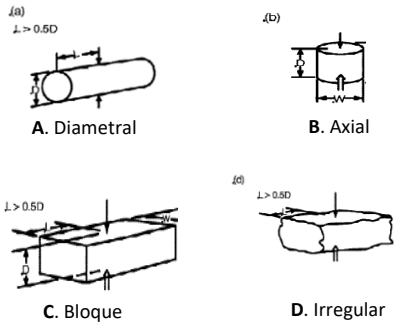
CARGA PUNTUAL

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*

MUESTRA: ***SC 03 - M49 NQ***
PROFUNDIDAD: *62,50 - 64,00*
FECHA ENREGA: *19-ago-24*

TIPO DE CARGA	testigo	DIMENSIONES (mm)			CARGA (P)	CARGA (P)	De^2	Is (MPa)	F (Factor corr.)	Is_{50} (MPa)
		DIAMETRO	Wprom	LONGITUD	Kg	KN	(mm^2)			
Diametral	a	46,69		53,13	254,3	2494,68	2180,0	1,14	0,97	1,11
Diametral	b	46,72		45,47	166,4	1632,38	2182,8	0,75	0,97	0,73
Diametral	c	47,13		27,56	210,8	2067,95	2221,2	0,93	0,97	0,91
							PROMEDIO	**0,94**		**0,91**

TIPO DE CARGA





OBSERVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingenieria S. A. S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

CORTE DIRECTO (CU)
CONSOLIDADO NO DRENADO

GL-F-19-a V.02 FECHA: 01/jul/17
Área de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

NORMA I.N.V.E - 154

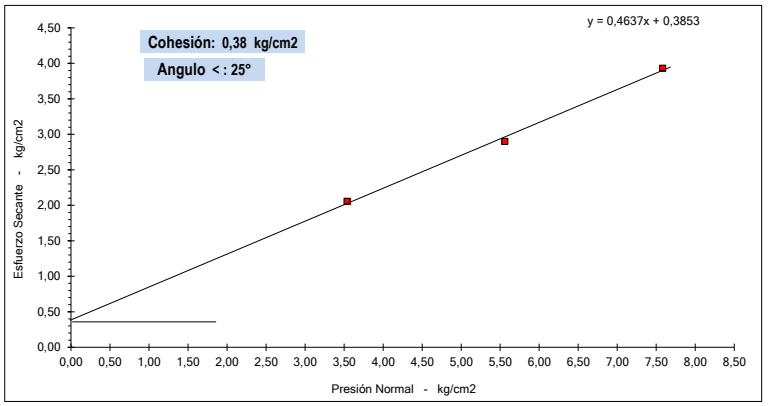
PROYECTO: *EXPLORACION TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU*
SITIO: *MONTERIA - CORDOBA. APOYO PILA CENTRAL MARGEN IZQUIERDA* COORDENADAS:
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ing. Edgar Forero*
DESCRIPCION VISUAL: *Arenisca de grano grueso color verdoso con oxidaciones.*

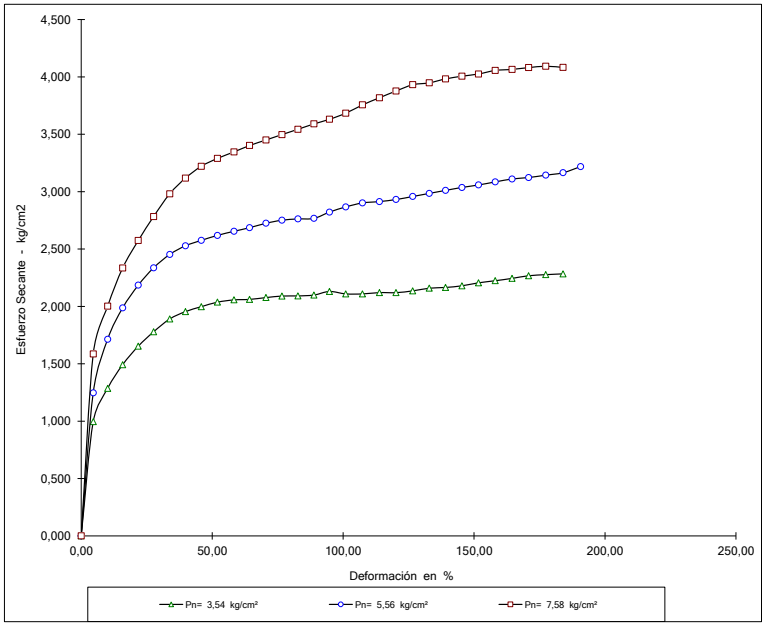
MUESTRA: *SC 03 - M 51 NQ*
PROFUND (m): *65,50 - 67,00*
FECHA ENSAYO: *06-ago-24*
FECHA ENTREGA: *15-ago-24*

CELDA DE CARGA 25,0 KN **CÁMARA** 01

Deformación Horiz. mm	Deformación %	Área Corregida cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2
0,0000	0,00	19,78	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2300	4,58	19,67	0,192	19,58	0,995	0,241	24,530	1,247	0,306	31,180	1,585
0,5067	10,09	19,53	0,246	25,11	1,286	0,328	33,470	1,714	0,383	39,090	2,002
0,7933	15,81	19,39	0,284	28,92	1,492	0,378	38,510	1,986	0,444	45,260	2,335
1,0933	21,78	19,24	0,312	31,80	1,653	0,412	42,030	2,185	0,485	49,510	2,574
1,3867	27,63	19,09	0,333	33,95	1,779	0,437	44,590	2,336	0,521	53,120	2,783
1,6967	33,80	18,93	0,351	35,79	1,890	0,455	46,440	2,453	0,554	56,450	2,982
1,9967	39,78	18,78	0,360	36,71	1,954	0,466	47,480	2,528	0,574	58,550	3,117
2,3000	45,83	18,63	0,365	37,21	1,997	0,470	47,980	2,575	0,588	60,010	3,221
2,6100	52,00	18,47	0,369	37,63	2,037	0,474	48,380	2,619	0,596	60,770	3,289
2,9267	58,31	18,32	0,369	37,67	2,057	0,477	48,620	2,655	0,601	61,290	3,346
3,2267	64,29	18,16	0,367	37,44	2,061	0,478	48,790	2,686	0,606	61,800	3,402
3,5400	70,53	18,01	0,367	37,40	2,077	0,481	49,060	2,724	0,609	62,130	3,450
3,8467	76,64	17,85	0,366	37,32	2,090	0,482	49,120	2,751	0,612	62,440	3,497
4,1533	82,75	17,70	0,363	37,02	2,092	0,479	48,890	2,762	0,615	62,720	3,544
4,4600	88,86	17,55	0,361	36,83	2,099	0,476	48,550	2,767	0,618	63,000	3,591
4,7567	94,77	17,40	0,363	37,06	2,130	0,481	49,090	2,822	0,619	63,160	3,630
5,0700	101,02	17,24	0,357	36,36	2,109	0,485	49,430	2,867	0,623	63,510	3,684
5,3900	107,39	17,08	0,353	36,02	2,109	0,486	49,560	2,902	0,629	64,150	3,756
5,7133	113,83	16,92	0,352	35,87	2,120	0,483	49,290	2,914	0,633	64,590	3,818
6,0333	120,21	16,76	0,348	35,52	2,120	0,482	49,120	2,931	0,637	64,970	3,877
6,3533	126,59	16,60	0,348	35,44	2,135	0,481	49,090	2,958	0,640	65,250	3,932
6,6700	132,89	16,44	0,348	35,48	2,159	0,481	49,060	2,985	0,636	64,900	3,948
6,9800	139,07	16,28	0,346	35,25	2,165	0,481	49,020	3,011	0,636	64,840	3,983
7,2967	145,38	16,12	0,345	35,14	2,180	0,480	48,960	3,037	0,633	64,590	4,006
7,6133	151,69	15,96	0,345	35,21	2,206	0,479	48,820	3,058	0,630	64,260	4,025
7,9333	158,07	15,80	0,345	35,14	2,224	0,478	48,750	3,085	0,629	64,100	4,056
8,2567	164,51	15,64	0,344	35,10	2,244	0,477	48,650	3,111	0,624	63,590	4,066
8,5733	170,82	15,48	0,344	35,10	2,267	0,474	48,350	3,123	0,620	63,180	4,081
8,9033	177,39	15,32	0,342	34,87	2,277	0,472	48,150	3,144	0,615	62,690	4,093
9,2333	183,97	15,15	0,339	34,60	2,284	0,470	47,950	3,165	0,607	61,850	4,082
9,5700	190,68	14,98				0,473	48,220	3,219			

Carga Normal	kg	70,00	110,00	150,00
Presión Normal	kg/cm²	**3,54**	**5,56**	**7,58**
Área Inicial	cm²	19,78	19,78	19,78
Volumen	cm³	40,72	40,72	40,72
Peso Muestra	gr	88,5	88,3	88,4
Densidad Total	gr/cm³	2,173	2,168	2,171
Humedad Inicial	%	13,2	13,2	13,2
Humedad Final	%	18,9	16,4	14,3
Consolidación Lect. Deformación inicial	mm	0,000	0,000	0,000
Consolidación Lect. Deformación final	mm	0,210	0,379	0,651
Esfuerzo Secante	kg/cm²	**2,06**	**2,90**	**3,93**





OBSEVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Área Técnica	Dirección Técnica

Este informe no podrá reproducirse parcial o total sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingeniería S.A.S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma I.N.V. E - 152 NTC - 1527 | Pagina 52 de 56

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M52 NQ***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*67,00 - 68,50*
SOLICITANTE:	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	FECHA DE TOMA:	*13-ago-24*
DESCRIPCION:	*Arenisca grano grueso, gris verdoso.*	FECHA ENTREGA:	*15-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	4,2	cm
Altura	8,1	cm
Area	13,85	cm²
Volumen	112,22	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	254,89	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	227,26	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	12,2	%

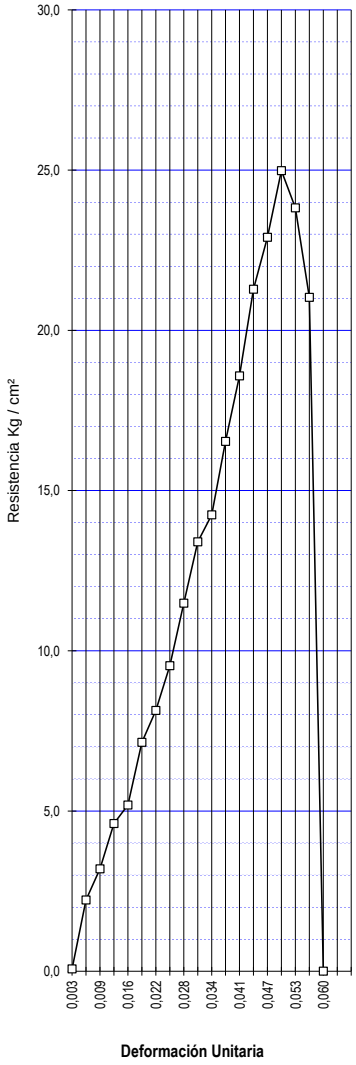

plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	24,98
Cu (Kg./cm²)	12,49
Consistencia del suelo	Dura

PESO UNITARIO

Húmedo	2,271	g/cm³
Seco	2,025	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. 0,001"	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,01	1,0	0,010	0,0031	0,9969	13,90	0,07
0,30	31,0	0,020	0,0063	0,9937	13,94	2,22
0,437	44,7	0,030	0,0094	0,9906	13,99	3,19
0,633	64,7	0,040	0,0125	0,9875	14,03	4,61
0,714	73,0	0,050	0,0157	0,9843	14,07	5,18
0,987	100,9	0,060	0,0188	0,9812	14,12	7,14
1,128	115,3	0,070	0,0220	0,9780	14,17	8,14
1,326	135,5	0,080	0,0251	0,9749	14,21	9,54
1,602	163,7	0,090	0,0282	0,9718	14,26	11,48
1,875	191,6	0,100	0,0314	0,9686	14,30	13,40
2,000	204,4	0,110	0,0345	0,9655	14,35	14,24
2,329	238,0	0,120	0,0376	0,9624	14,40	16,53
2,626	268,3	0,130	0,0408	0,9592	14,44	18,58
3,018	308,4	0,140	0,0439	0,9561	14,49	21,28
3,258	332,9	0,150	0,0470	0,9530	14,54	22,90
3,566	364,4	0,160	0,0502	0,9498	14,59	24,98
3,411	348,6	0,170	0,0533	0,9467	14,63	23,82
3,021	308,8	0,180	0,0564	0,9436	14,68	21,03
0,000	0,0	0,190	0,0596	0,9404	14,73	0,00



CELDA DE CARGA	50,0	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S. No tendra validez sin el sello seco.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S
LABORATORIO
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

CARGA PUNTUAL

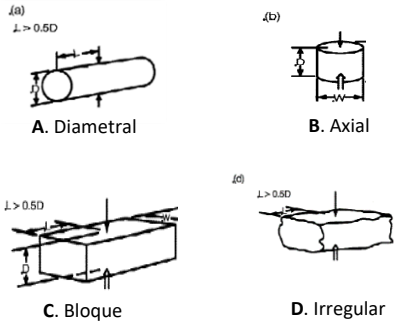
FORMATO GL - F - 36 v. 03 Actualizado 08 - 2019
Area de Rocas
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24
NORMA **ASTM** D 531 - 95
Pagina 53 de 56

PROYECTO: *CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*
SOLICITANTE: *GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*
SITIO: *MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*

MUESTRA: ***SC 03 - M53 NQ***
PROFUNDIDAD: *68,50 - 70,00*
FECHA ENREGA: *19-ago-24*

TIPO DE CARGA	testigo	DIMENSIONES (mm)			CARGA (P)	CARGA (P)	De^2	Is (MPa)	F (Factor corr.)	Is_{50} (MPa)
		DIAMETRO	Wprom	LONGITUD	Kg	KN	(mm^2)			
Diametral	a	46,86		55,52	74,5	730,85	2195,9	0,33	0,97	0,32
Irregular	b	45,05	35,27	47,49	106,2	1041,8	2023,1	0,51	0,95	0,49
Irregular	c	47,89	23,31	37,11	138,4	1357,70	1421,3	0,96	0,98	0,94
							PROMEDIO	**0,60**		**0,58**

TIPO DE CARGA





OBSERVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingenieria S. A. S.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
LABORATORIO GEOPRUEBASING
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA

FORMATO GL - F- V.03 actualizado 09 - 2021
Area de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

Norma I.N.V. E - 152 NTC - 1527

PROYECTO:	*CAMPAÑA EXPLORATORIA TERCER PUENTE RIO SINU*	MUESTRA:	***SC 03 - M56 NQ***
SITIO:	*MONTERÍA - DEPTO. DE CÓRDOBA*	PROFUND (m):	*73,00 - 75,00*
SOLICITANTE:	*GEOSOLUCIONES SAS - Ingeniero Edgar Forero M.*	FECHA DE TOMA:	*13-ago-24*
DESCRIPCION:	*Arena arcillosa con gravas color gris verdoso.*	FECHA ENTREGA:	*15-ago-24*

DIMENSIONES PROBETA		
Diámetro	4,2	cm
Altura	9,3	cm
Area	13,73	cm²
Volumen	127,50	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso Vdr+Mtra.Hum	292,77	g
Peso Vdr+Mtra.Seca	263,05	g
Peso Vidrio		g
% de Humedad	11,3	%



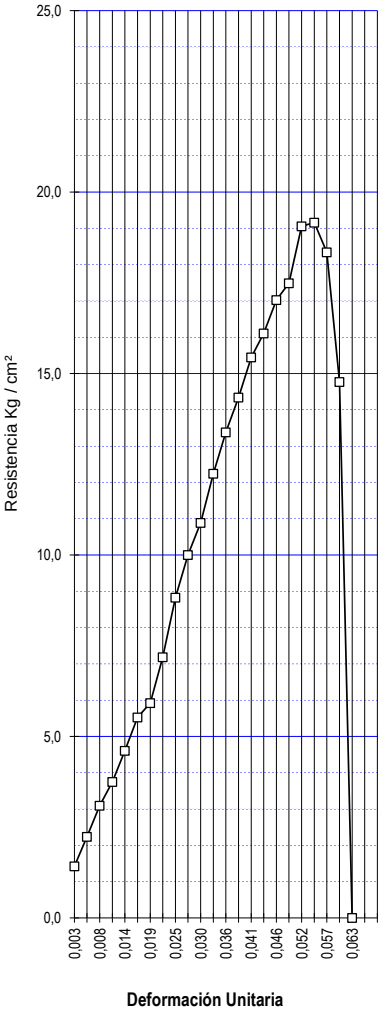
plano de falla

RESULTADOS	
qu (Kg./cm²)	19,16
Cu (Kg./cm²)	9,58
Consistencia del suelo	Dura

PESO UNITARIO

Húmedo	2,296	g/cm³
Seco	2,063	g/cm³

Lect. Carga kN	Carga en kilos	Lect. Def. mm	Deform. Unitaria	1-Defor. Unitaria	Area Correg cm²	Resistencia Kg/cm²
0,192	19,6	0,010	0,0027	0,9973	13,77	1,43
0,302	30,9	0,020	0,0055	0,9945	13,80	2,24
0,419	42,8	0,030	0,0082	0,9918	13,84	3,09
0,509	52,0	0,040	0,0109	0,9891	13,88	3,75
0,627	64,1	0,050	0,0137	0,9863	13,92	4,60
0,755	77,2	0,060	0,0164	0,9836	13,96	5,53
0,811	82,9	0,070	0,0191	0,9809	14,00	5,92
0,987	100,9	0,080	0,0219	0,9781	14,04	7,19
1,216	124,3	0,090	0,0246	0,9754	14,08	8,83
1,381	141,1	0,100	0,0274	0,9726	14,12	10,00
1,508	154,1	0,110	0,0301	0,9699	14,15	10,89
1,700	173,7	0,120	0,0328	0,9672	14,19	12,24
1,864	190,5	0,130	0,0356	0,9644	14,24	13,38
2,003	204,7	0,140	0,0383	0,9617	14,28	14,34
2,164	221,1	0,150	0,0410	0,9590	14,32	15,45
2,263	231,3	0,160	0,0438	0,9562	14,36	16,11
2,399	245,2	0,170	0,0465	0,9535	14,40	17,03
2,471	252,5	0,180	0,0492	0,9508	14,44	17,49
2,701	276,0	0,190	0,0520	0,9480	14,48	19,06
2,723	278,3	0,200	0,0547	0,9453	14,52	19,16
2,614	267,1	0,210	0,0574	0,9426	14,57	18,34
2,111	215,7	0,220	0,0602	0,9398	14,61	14,77
0,000	0,0	0,230	0,0629	0,9371	14,65	0,00



CELDA DE CARGA	5,00	KN

OBSERVACIONES

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Area Tecnica	Dir. General

Este informe no podrá reproducirse total o parcial sin aprobacion por escrito de GEOPRUEBAS INGENIERIA S.A.S. No tendra validez sin el sello seco.

GEOPRUEBAS INGENIERIA S A S
LABORATORIO GEOPRUEBASING
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

CORTE DIRECTO (CU)
CONSOLIDADO NO DRENADO

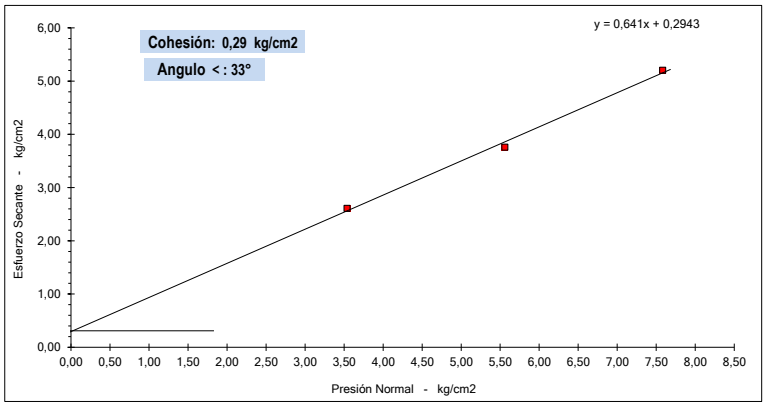
PROYECTO: *EXPLORACION TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU*
SITIO: *MONTERIA - CORDOBA. APOYO PILA CENTRAL MARGEN COORDENADAS:*
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ing. Edgar Forero*
DESCRIPCION VISUAL: *Arenisca conglomeratica, color gris - verdoso.*

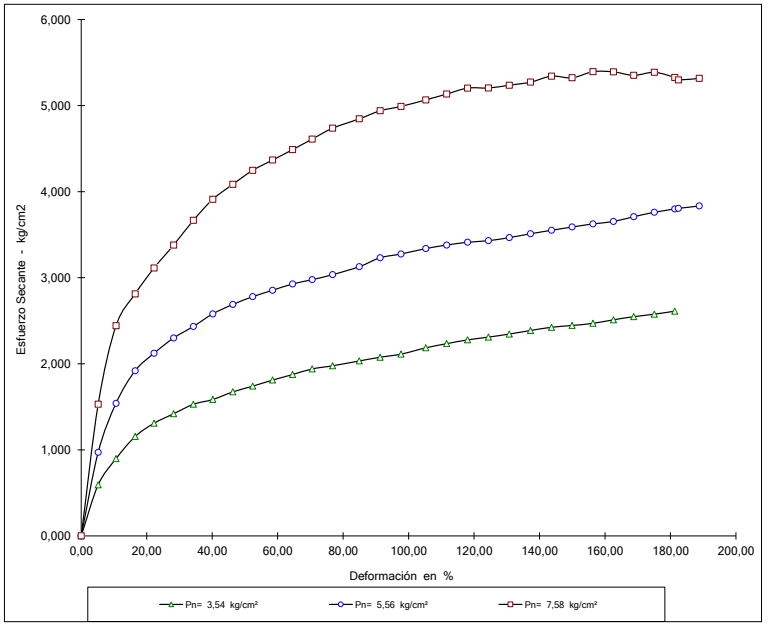
MUESTRA: *SC 03 - M54 NQ*
PROFUND (m): *70,00 - 71,50*
FECHA ENSAYO: *15-ago-24*
FECHA ENTREGA: *20-ago-24*

CELDA DE CARGA 25,0 KN **CÁMARA 01**

Deformación Horiz. mm	Deformación %	Área Corregida cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2
0,0000	0,00	19,78	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2600	5,18	19,65	0,114	11,65	0,593	0,187	19,090	0,971	0,295	30,060	1,529
0,5333	10,63	19,52	0,172	17,51	0,897	0,295	30,070	1,541	0,467	47,670	2,443
0,8267	16,47	19,37	0,219	22,36	1,154	0,364	37,170	1,919	0,534	54,470	2,812
1,1167	22,25	19,22	0,247	25,16	1,309	0,400	40,800	2,122	0,587	59,840	3,113
1,4167	28,23	19,07	0,265	27,07	1,419	0,430	43,860	2,300	0,632	64,460	3,380
1,7200	34,27	18,92	0,284	28,94	1,530	0,452	46,060	2,434	0,680	69,390	3,667
2,0167	40,18	18,77	0,292	29,75	1,585	0,475	48,430	2,580	0,720	73,410	3,911
2,3233	46,29	18,62	0,305	31,15	1,673	0,491	50,060	2,689	0,746	76,060	4,085
2,6300	52,40	18,46	0,315	32,13	1,740	0,503	51,330	2,780	0,769	78,440	4,248
2,9333	58,44	18,31	0,325	33,15	1,810	0,512	52,260	2,854	0,784	79,970	4,367
3,2400	64,55	18,16	0,334	34,04	1,875	0,521	53,160	2,928	0,799	81,500	4,488
3,5400	70,53	18,01	0,343	34,94	1,940	0,526	53,610	2,977	0,814	83,030	4,611
3,8533	76,77	17,85	0,346	35,28	1,976	0,531	54,180	3,035	0,829	84,560	4,737
4,2633	84,94	17,64	0,352	35,87	2,033	0,541	55,200	3,128	0,839	85,510	4,846
4,5833	91,32	17,48	0,356	36,30	2,076	0,554	56,510	3,232	0,847	86,360	4,939
4,9033	97,70	17,32	0,359	36,59	2,112	0,556	56,750	3,276	0,848	86,460	4,991
5,2833	105,27	17,13	0,367	37,44	2,185	0,561	57,200	3,339	0,851	86,800	5,066
5,6033	111,64	16,97	0,372	37,91	2,234	0,562	57,360	3,380	0,854	87,140	5,134
5,9233	118,02	16,81	0,375	38,29	2,278	0,562	57,360	3,412	0,858	87,480	5,204
6,2433	124,39	16,65	0,377	38,46	2,310	0,560	57,120	3,430	0,850	86,670	5,205
6,5633	130,77	16,49	0,379	38,68	2,346	0,561	57,160	3,466	0,847	86,360	5,237
6,8867	137,21	16,33	0,382	38,97	2,387	0,562	57,320	3,511	0,844	86,090	5,273
7,2100	143,65	16,17	0,384	39,19	2,424	0,563	57,410	3,551	0,847	86,360	5,342
7,5267	149,96	16,01	0,384	39,14	2,445	0,563	57,450	3,589	0,835	85,200	5,323
7,8467	156,34	15,85	0,384	39,14	2,470	0,563	57,450	3,625	0,838	85,480	5,394
8,1600	162,58	15,69	0,386	39,40	2,511	0,562	57,320	3,654	0,829	84,590	5,392
8,4700	168,76	15,53	0,388	39,57	2,547	0,565	57,610	3,709	0,815	83,130	5,352
8,7867	175,07	15,37	0,388	39,61	2,576	0,567	57,810	3,760	0,812	82,820	5,387
9,1000	181,31	15,22	0,390	39,74	2,612	0,567	57,810	3,799	0,795	81,060	5,327
9,1550	182,41	15,19				0,567	57,810	3,806	0,789	80,480	5,298
9,4750	188,78	15,03				0,565	57,610	3,833	0,783	79,900	5,316

Carga Normal	kg	70,00	110,00	150,00
Presión Normal	kg/cm²	**3,54**	**5,56**	**7,58**
Área Inicial	cm²	19,78	19,78	19,78
Volumen	cm³	40,72	40,72	40,72
Peso Muestra	gr	87,1	86,9	87,2
Densidad Total	gr/cm³	2,139	2,134	2,141
Humedad Inicial	%	14,5	14,5	14,5
Humedad Final	%	19,7	17,1	13,9
Consolidación Lect. Deformación inicial	mm	0,000	0,000	0,000
Consolidación Lect. Deformación final	mm	0,514	0,759	0,902
Esfuerzo Secante	kg/cm²	**2,61**	**3,76**	**5,20**





OBSEVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Área Técnica	Dirección Técnica

Este informe no podrá reproducirse parcial o total sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingeniería S.A.S.

GEOPRUEBAS
INGENIERIA S A S
ENSAYOS - ESTUDIOS – DISEÑOS – PERFORACIONES
TOPOGRAFIA
NIT 901 296 205 - 1

CORTE DIRECTO (CU)
CONSOLIDADO NO DRENADO

GL-F-19-a V.02 FECHA: 01/jul/17
Área de Suelos
COD. DE TRABAJO
007 - 024 - 24

NORMA I.N.V.E - 154

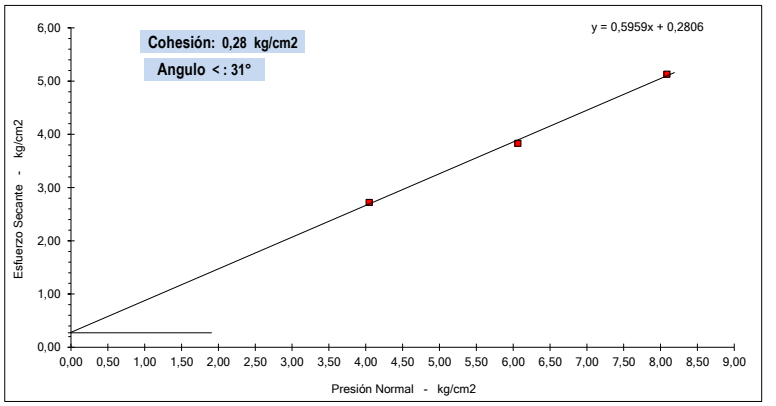
PROYECTO: *EXPLORACION TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU*
SITIO: *MONTERIA - CORDOBA. APOYO PILA CENTRAL MARGEN COORDENADAS:*
SOLICITANTE *GEOSOLUCIONES SAS - Ing. Edgar Forero*
DESCRIPCION VISUAL: *Arenisca conglomeratica gris - verdoso.*

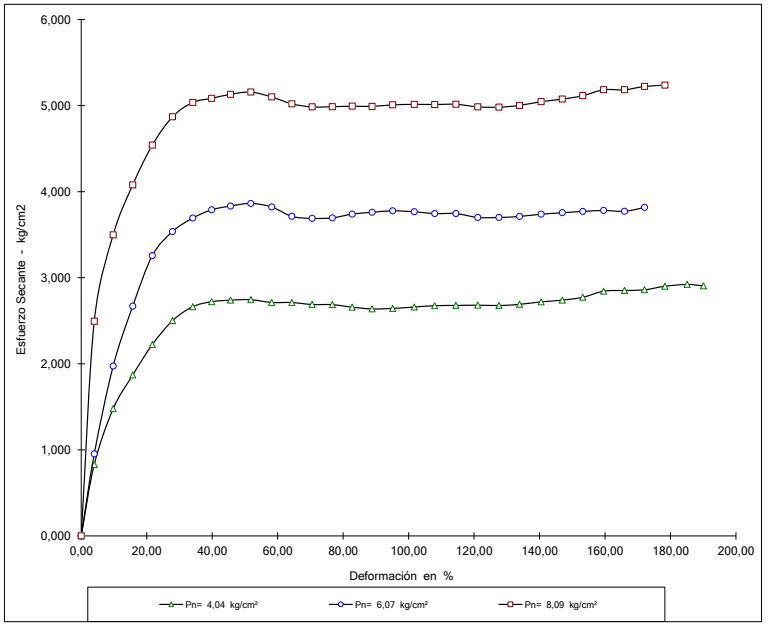
MUESTRA: *SC 03 - M56 NQ*
PROFUND (m): *73,00 - 75,00*
FECHA ENSAYO: *15-ago-24*
FECHA ENTREGA: *20-ago-24*

CELDA DE CARGA 25,0 KN **CÁMARA** 01

Deformación Horiz. mm	Deformación %	Área Corregida cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2	Celda Carga kN	Carga kg.	Esfuerzo Secante kg/cm2
0,0000	0,00	19,78	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2000	3,98	19,68	0,160	16,33	0,830	0,184	18,750	0,953	0,481	49,080	2,493
0,4900	9,76	19,54	0,283	28,88	1,478	0,378	38,570	1,974	0,670	68,340	3,498
0,7900	15,74	19,39	0,355	36,24	1,869	0,508	51,760	2,670	0,775	79,080	4,079
1,0900	21,72	19,24	0,419	42,77	2,223	0,614	62,650	3,257	0,857	87,350	4,541
1,4000	27,89	19,08	0,468	47,73	2,501	0,662	67,480	3,536	0,911	92,940	4,871
1,7100	34,07	18,93	0,494	50,40	2,663	0,685	69,890	3,693	0,935	95,320	5,036
2,0000	39,85	18,78	0,501	51,11	2,721	0,698	71,160	3,789	0,936	95,490	5,084
2,2900	45,63	18,64	0,501	51,05	2,739	0,700	71,430	3,833	0,938	95,620	5,131
2,6000	51,80	18,48	0,497	50,71	2,744	0,700	71,390	3,863	0,935	95,300	5,157
2,9200	58,18	18,32	0,487	49,69	2,712	0,687	70,010	3,822	0,916	93,430	5,100
3,2300	64,36	18,16	0,483	49,25	2,712	0,661	67,440	3,713	0,894	91,190	5,021
3,5400	70,53	18,01	0,475	48,42	2,689	0,652	66,440	3,690	0,880	89,760	4,985
3,8500	76,71	17,85	0,470	47,97	2,687	0,647	65,980	3,696	0,873	89,030	4,987
4,1550	82,79	17,70	0,461	47,04	2,658	0,649	66,170	3,739	0,867	88,380	4,993
4,4600	88,86	17,55	0,454	46,27	2,637	0,647	65,980	3,760	0,859	87,570	4,991
4,7750	95,14	17,39	0,451	45,96	2,643	0,644	65,680	3,777	0,854	87,090	5,009
5,1050	101,71	17,22	0,449	45,80	2,659	0,636	64,870	3,767	0,847	86,360	5,014
5,4200	107,99	17,06	0,448	45,65	2,675	0,627	63,910	3,745	0,839	85,540	5,013
5,7450	114,47	16,90	0,444	45,26	2,678	0,621	63,300	3,745	0,831	84,760	5,015
6,0800	121,14	16,73	0,440	44,86	2,681	0,607	61,920	3,700	0,818	83,420	4,985
6,4050	127,62	16,57	0,435	44,36	2,677	0,601	61,310	3,700	0,809	82,540	4,981
6,7200	133,89	16,41	0,433	44,16	2,691	0,597	60,920	3,712	0,805	82,100	5,003
7,0500	140,47	16,25	0,433	44,18	2,719	0,596	60,730	3,738	0,804	81,970	5,046
7,3750	146,94	16,08	0,432	44,06	2,740	0,592	60,390	3,755	0,800	81,620	5,075
7,6900	153,22	15,92	0,433	44,16	2,773	0,589	60,040	3,770	0,799	81,460	5,115
8,0100	159,59	15,76	0,440	44,83	2,844	0,585	59,620	3,782	0,801	81,720	5,184
8,3300	165,97	15,60	0,436	44,50	2,852	0,577	58,850	3,772	0,793	80,890	5,184
8,6350	172,05	15,45	0,433	44,18	2,859	0,578	58,970	3,817	0,791	80,690	5,222
8,9500	178,32	15,29	0,435	44,36	2,901				0,785	80,090	5,237
9,2900	185,10	15,12	0,433	44,19	2,922						
9,5400	190,08	15,00	0,427	43,56	2,905						

Carga Normal	kg	80,00	120,00	160,00
Presión Normal	kg/cm²	**4,04**	**6,07**	**8,09**
Área Inicial	cm²	19,78	19,78	19,78
Volumen	cm³	40,72	40,72	40,72
Peso Muestra	gr	87,8	88,3	88,0
Densidad Total	gr/cm³	2,156	2,168	2,162
Humedad Inicial	%	13,0	13,0	13,0
Humedad Final	%	18,4	16,2	11,5
Consolidación Lect. Deformación inicial	mm	0,000	0,000	0,000
Consolidación Lect. Deformación final	mm	0,263	0,412	0,700
Esfuerzo Secante	kg/cm²	**2,72**	**3,83**	**5,13**





OBSEVACIONES :

ELABORO	REVISO	APROBO
JuC SZ	*El GM*	*Ad GM*
Tec. Laboratorista	Área Técnica	Dirección Técnica

Este informe no podrá reproducirse parcial o total sin la aprobación por escrito de Geopruebas Ingeniería S.A.S.

ANEXO No. 3

CUADROS CÁLCULOS SOCAVACIÓN
General cohesivo y contracción+local

18237

ESTIMACIÓN DE SOCAVACIÓN GENERAL SUELO ARCILLOSO
Cuadro 2 Anexo 4
Puente: Diseño Tercer puente río Sinú

LISCHTVAN - LEVEDIEV PARA SUELOS COHESIVOS

Caudal de diseño (Q_d)
Periodo de retorno (Tr)
Área mojada (A)
Ancho del canal (B_e)
Lámina de agua (Y_0)
Peso específico del agua mas sedimento (γ_{as})
Peso volumétrico seco del material (γ_d)
Profundidad media (Y_m)
Coeficiente de sección (α)
Coeficiente de frecuencia (β)
Coeficiente de contracción (μ)
Coeficiente de corrección (ϕ)
Variable dependiente del peso volumétrico (X)
Profundidad desde la lámina de agua al fondo socavado (Y_s)

DATOS DE ENTRADA:

Q_d (m3/s)	Tr (años)	A (m2)	B_e (m)	Y_0 (m)	γ_{as} (t/m3)	γ_d (t/m3)
1122,11	500	965,56	162,39	3,51	1,60	1,71

CÁLCULOS:

Y_m (m)	α	β	μ	ϕ	X	Y_s (m)
5,95	0,35	1,40	1,00	1,88	0,30	0,97

PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN:
0,00 m

18238

ESTIMACIÓN DE SOCAVACIÓN GENERAL SUELO ARCILLOSO

Cuadro 1 Anexo 4

Puente: Diseño Tercer puente río Sinú

LISCHTVAN - LEVEDIEV PARA SUELOS COHESIVOS

Caudal de diseño (Q_d)
Periodo de retorno (Tr)
Área mojada (A)
Ancho del canal (B_e)
Lámina de agua (Y_0)
Peso específico del agua mas sedimento (γ_{as})
Peso volumétrico seco del material (γ_d)
Profundidad media (Y_m)
Coeficiente de sección (α)
Coeficiente de frecuencia (β)
Coeficiente de contracción (μ)
Coeficiente de corrección (ϕ)
Variable dependiente del peso volumétrico (X)
Profundidad desde la lámina de agua al fondo socavado (Y_s)

DATOS DE ENTRADA:

Q_d (m3/s)	Tr (años)	A (m2)	B_e (m)	Y_0 (m)	γ_{as} (t/m3)	γ_d (t/m3)
1074,51	100	928,84	161,7	3,74	1,60	1,71

CÁLCULOS:

Y_m (m)	α	β	μ	ϕ	X	Y_s (m)
5,74	0,36	1,24	1,00	1,88	0,30	1,17

PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN:

0,00 m

ESTIMACIÓN DE SOCAVACIÓN CONTRACCIÓN Y LOCAL SUELOS ARCILLOSOS
Cuadro 4 Anexo 4
Puente: Diseño Tercer puente río Sinú
HEC 18

Contracción:

Profundida media del flujo aguas arriba, y1 (m):	6,04	
Velocidad promedio del flujo en la sección contraida, V2	0,93	
Esfuerzo de corte crítico, τ_c (N/m2):	1,5	(Rango de 1.5 a 9.0 N/m2 para suelos CL)
Rugosidad de Manning, n:	0,03	
Ku: 1 para unidades SI, 1.486 para unidades US	1	
Aceleración de gravedad, g (m/s2):	9,81	
Densidad del agua, ρ_w (kg/m3):	1000	
Profundidad de socavación última, $y_{s\text{-}ult}$ (m):	0,85	

Local en pilas:

Longitud de la pila, L (m):	20,5	
Ancho de la pila, a (m):	16	
Ángulo de ataque de la corriente, θ (rad):	0,80	
Velocidad crítica para inicio de la erosión del material c	0,70	(Rango de 0.7 a 1.5 m/s para suelos CL)
Aceleración de gravedad, g (m/s2):	9,81	
Factor de corrección por forma de la nariz de la pila, K1	1,1	(cuadrada)
Velocidad promedio del flujo aguas arriba de la pila, V1	0,3	
Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo, K2	1,37	
Profundidad de socavación local en pila, ys (m):	1,54	
Profundidad adicional socav general (m):	0	
Total socavación en pila (m):	2,38	
	3,5	Valor finalmente adoptado

ESTIMACIÓN DE SOCAVACIÓN CONTRACCIÓN Y LOCAL SUELOS ARCILLOSOS
Cuadro 3 Anexo 4
Puente: Diseño Tercer puente río Sinú
HEC 18

Contracción:

Profundida media del flujo aguas arriba, y1 (m):	5,74	
Velocidad promedio del flujo en la sección contraida, V2 (m/s):	1,16	
Esfuerzo de corte crítico, τ_c (N/m2):	1,5	(Rango de 1.5 a 9.0 N/m2 para suelos CL)
Rugosidad de Manning, n:	0,03	
Ku: 1 para unidades SI, 1.486 para unidades US	1	
Aceleración de gravedad, g (m/s2):	9,81	
Densidad del agua, ρ_w (kg/m3):	1000	
Profundidad de socavación última, $y_{s\text{-}ult}$ (m):	1,13	

Local en pilas:

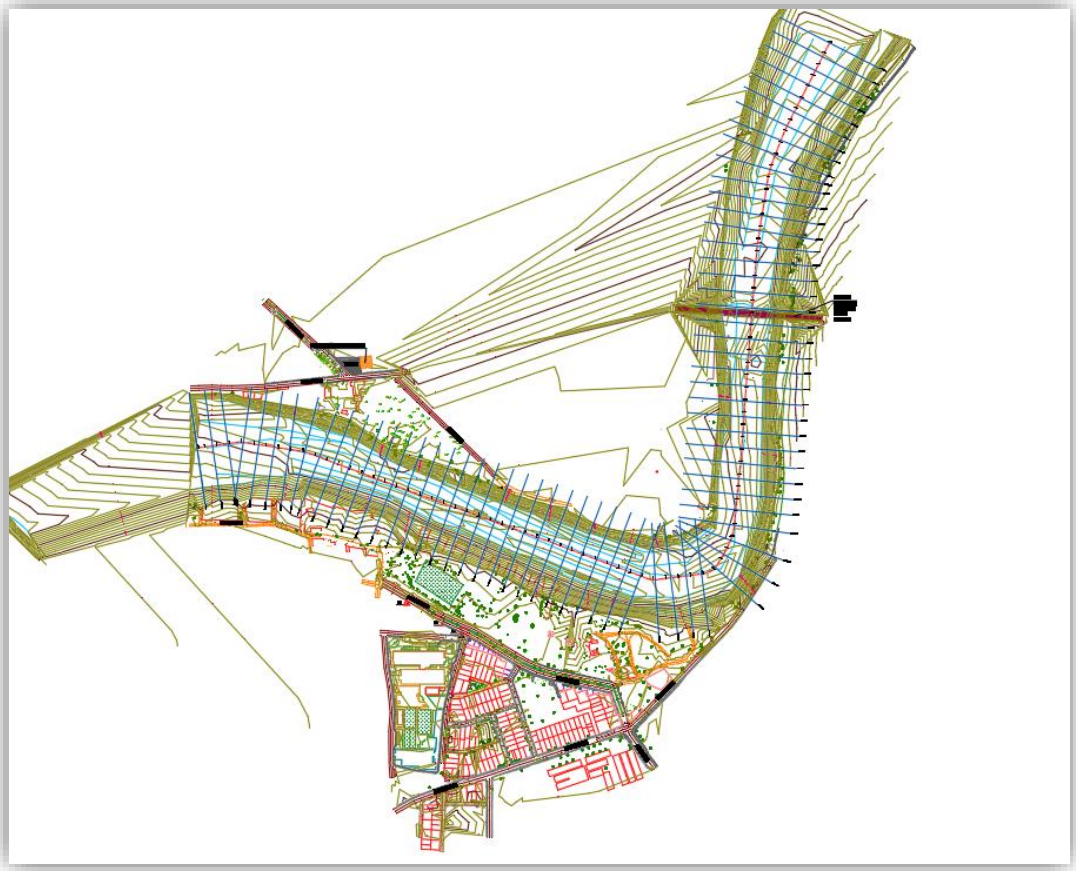
Longitud de la pila, L (m):	20,5	
Ancho de la pila, a (m):	16	
Ángulo de ataque de la corriente, θ (rad):	0,80	
Velocidad crítica para inicio de la erosión del material cohesivo, vc (m/s):	0,70	(Rango de 0.7 a 1.5 m/s para suelos CL)
Aceleración de gravedad, g (m/s2):	9,81	
Factor de corrección por forma de la nariz de la pila, K1	1,1	(cuadrada)
Velocidad promedio del flujo aguas arriba de la pila, V1 (m/s):	0,25	
Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo, K2	1,37	
Profundidad de socavación local en pila, ys (m):	0,00	
Profundidad adicional socav general (m):	0	
Total socavación en pila (m):	1,13	
	3,50	Valor finalmente adoptado

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

ANEXO No. 4
BATIMETRÍA
Informe topográfico y certificación RTK

ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y GEORREFERENCIACIÓN.



JULIO DE 2024

MONTERÍA - CÓRDOBA

CONTROL DE REVISIONES		
REV	**FECHA**	**DESCRIPCIÓN**
1	**(07-2024)**	Emitido para construcción -Aplica para informe de topografía.

ESTADO DEL DOCUMENTO		
Versiones	Física/Digital	
1	Física (Ejemplo)	
CONTRATISTA.		
Realizó:	JAMILTON ECHEVERRI DIAZ ING. CIVIL. ESP.MSc	MP. 01-13521 CPNT MP. 22202-269762 COR
Reviso:	FRANCISCO JAVIEL TRONCOSO PINO	MP. 22202188879 COR
CONTRATANTE.		
Aprobó:		
Aprobó:		

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6
2 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO 6
3 METODOLOGIA 8
3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE REFERENCIA 8
3.1.1 Datum geodésico horizontal 8
3.1.2 Sistema geocéntrico de referencia global 8
3.1.3 Sistema geocéntrico de referencia de las Américas 9
3.1.4 Sistema geocéntrico de referencia local 10
3.1.5 Coordenadas planas en Colombia 12
3.1.6 Selección de época de entrega información 13
3.1.7 Modelo de velocidades adoptado 14
3.1.8 Modelo geoidal para Colombia 14
4 NORMATIVA 16
5 RESULTADOS 16
5.1 POST – PROCESAMIENTO GPS 16
5.1.1 Materialización vértice GPS (Rover) 16
5.1.2 Selección de antenas GPS y vértices de la red MAGNA 17
5.1.3 Cálculo de coordenadas y alturas del proyecto 17
5.1.4 Asignación de elevación sobre el nivel del mar 21
6 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 23
6.1 Materialización de vértices auxiliares 23
6.2 Metodología de levantamiento por RTK 25
6.2.1 Procesamiento de la información 27
6.2.2 Resultados del estudio topográfico 27
7 GENERACIÓN DEL ORTOMOSAICO Y DEM 28
7.1 Materiales 28
7.2 Procesamiento de la información 29
7.3 Generación de mapas 31
8 EQUIPOS UTILIZADOS 33
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 34
10 BIBLIOGRAFIA 36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización general 7
Figura 2 Localización específica 7
Figura 3 Identificación semi eje mayor A y semi eje menor B 8
Figura 4 Coordenadas cartesianas tridimensionales 9
Figura 5 Sistema de referencia de las Américas, SIRGAS 9
Figura 6 Componente red activa y pasiva del IGAC 11
Figura 7 Red pasiva y activa del IGAC 11
Figura 8 Sistema de proyección cartográfica Gauss – Kruger 12
Figura 9 Modelo de velocidades VEMOS 2009 14
Figura 10 Modelo geoidal (cuasi geoidal) para Colombia GEOCOL 2004 15
Figura 11 Selección de antenas y vértices de la red MAGNA 17
Figura 12 Diagrama de vectores antenas de control 19
Figura 13 Tiempo de rastreo antenas de control 19
Figura 14 Coordenadas ajustadas de BM. 20
Figura 15 Secuencia para cálculo de altura sobre el nivel del mar. 22
Figura 16 Vértices de control BMs 24
Figura 17 Puntos de Control 28
Figura 18 Puntos de control terrestre empleados durante el post proceso 29
Figura 19 Puntos de control terrestre 31
Figura 20 Modelo Digital de Superficie DSM 32
Figura 21 Ortomosaico 32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas Orígenes cartesianos época 2018.00 12
Tabla 2 Calendario juliano año bisiesto 13
Tabla 3 Coordenadas semanales de las antenas seleccionadas 18
Tabla 4 Coordenadas de los BMs de Posicionamiento época 2018.00 21
Tabla 5 Vértices seleccionados de la red pasiva del IGAC 22
Tabla 6 Calculo de altura sobre el nivel del mar vértices del proyecto BMs 23
Tabla 7 Verificación de elevación SNMM vértices de la red pasiva 23

Tabla 8 Poligonal de Control 25
Tabla 9 Resumen de Cartera Coordenadas del Levantamiento Topográfico 26
Tabla 14 Coordenadas definitivas del vértice **BM11** 27
Tabla 15 Coordenadas definitivas del vértice **BM12** 28
Tabla 16 Fuente: Puntos Total Levantado 28
Tabla 17 Productos a nivel de detalle 30
Tabla 18 Exactitud de posición absoluta según RMSEr ortoimagen 30
Tabla 19 Precisiones – GSD – Escalas ASPRS 2014 30
Tabla 20 Resultados del procesamiento 31
Tabla 21 Relación de equipos utilizados 33

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Materialización vértice **BM1 y BM12** 16

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 ARCHIVOS CRUDOS
ANEXO 2 EQUIPOS
ANEXO 3 POST PROCESAMIENTO GPS
ANEXO 4 FORMATO DE POSICIONAMIENTO
ANEXO 5 POLÍGONO DE CONTROL RTK
ANEXO 6 CARTERA DE COORDENADAS
ANEXO 7 PLANOS TOPOGRÁFICOS
ANEXO 8 REGISTRO FOTOGRÁFICO
ANEXO 9 PUNTOS DE CONTROL VUELO
ANEXO 10 VALIDACIÓN PLAN DE VUELO
ANEXO 11 MODELOS DIGITALES
ANEXO 12 DOCUMENTOS DE LOS PROFESIONALES
ANEXO 13 BATIMETRÍA

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la solicitud presentada se realizó el para el proyecto **"CONTRATO LP-SIM-024-2023 CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIÓ SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".** Insumo base para cualquier proyecto de ingeniería relacionada con la construcción es la topografía, ya que sobre esta se pueden realizar mediciones, localizaciones, referencia iones y cuantificación de cantidades de obra y movimientos de tierra.

Con este informe se busca soportar las diferentes actividades realizadas para la georreferenciación y levantamiento topográfico, describiendo de manera precisa las metodologías utilizadas durante los trabajos de campo para la obtención de la información que posteriormente debe ser procesada durante un trabajo de oficina haciendo uso tanto de software grafico como software de cálculo.

El desarrollo del trabajo se divide en dos componentes. El primer componente es la georreferenciación proceso en el cual se realiza una integración de la zona de estudio a un sistema de información geográfico certificado, para lo cual se hará uso de equipos GPS doble frecuencia y posteriormente se realizará un post procesamiento de la información colectada en campo para realizar los ajustes pertinentes. El segundo componente es el levantamiento topográfico, para lo cual se utilizarán metodologías establecidas durante muchos años las cuales han brindado confiablidad en la captura de datos de campo, los cuales deben ser procesados para generar planos topográficos que describan de manera gráfica los diferentes atributos de campo y las diferentes geoformas de la superficie.

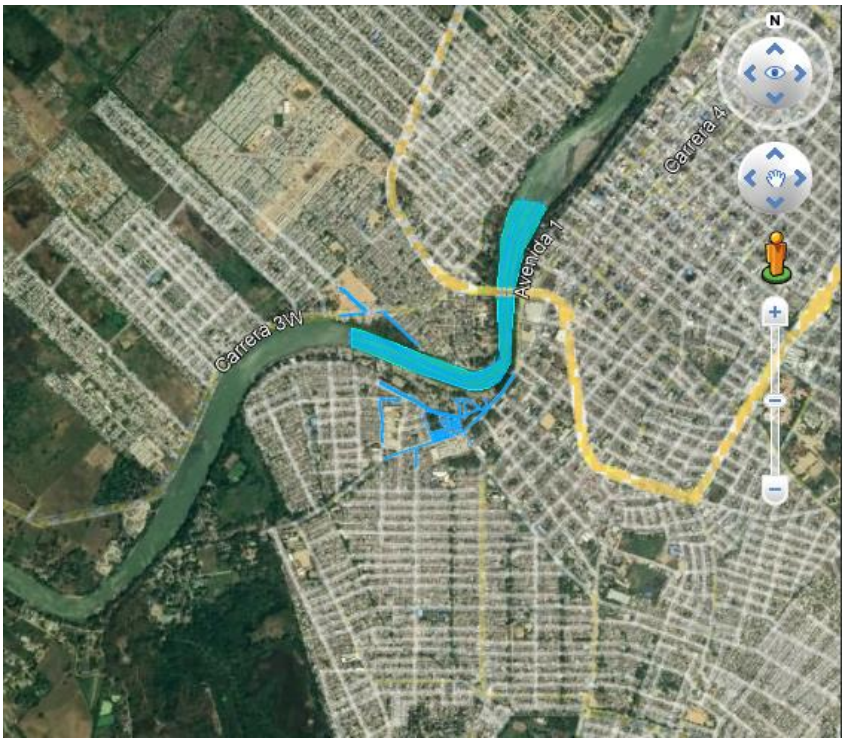
Cabe resaltar que las diferentes actividades de georreferenciación y topográficas están sometidas a un grado de precisión los cuales serán garantizados dentro de su rango por esta consultoría. La importancia de lo mencionado es garantizar durante el desarrollo de la ingeniería tener todas las herramientas graficas respecto a la topografía para generar diseños confiables y certeros. El levantamiento topográfico también garantizará en el momento de cuantificar volúmenes de excavación o de relleno, una alta precisión en los cálculos respectivos, minimizando los errores relativos en los cálculos.

2 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

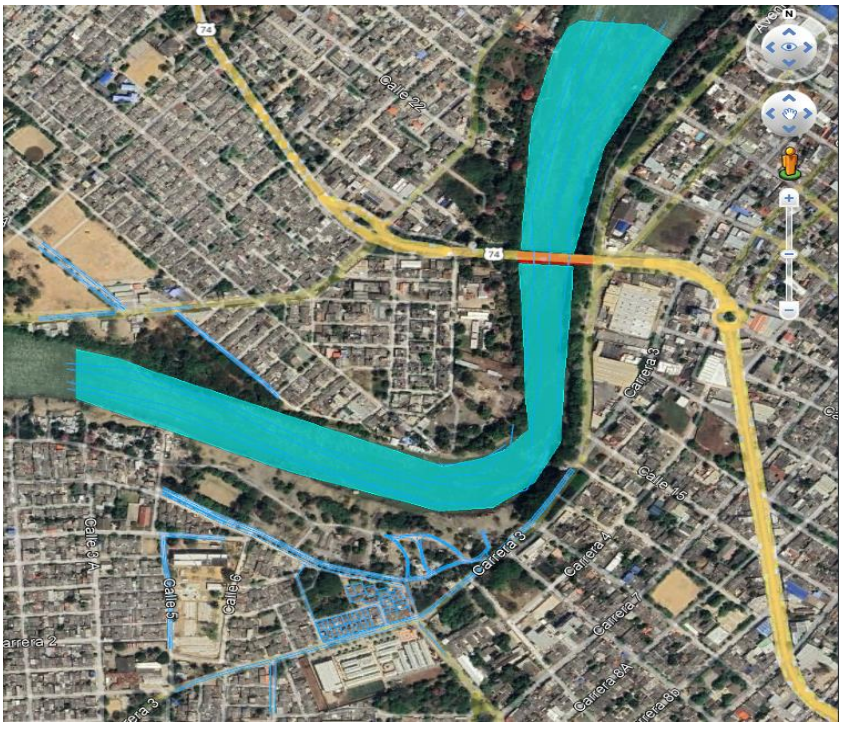
El levantamiento se realizó en el Río Sinú, Municipio de Montería, departamento de Córdoba.

El estudio topográfico y georreferenciación se realizó en el municipio de Montería, centroide con coordenadas geográficas datum WGS84 latitud N8° 44' 56.00" Longitud W75° 53' 55.62".

En las **Figura 1 y Figura 2** se puede observar la localización general y especifica del levantamiento topográfico y vuelo fotogramétrico, municipio de Montería – Córdoba.



Fuente: Google Earth y Wikipedia
Figura 1 Localización general



Fuente: Google Earth
Figura 2 Localización específica

3 METODOLOGIA

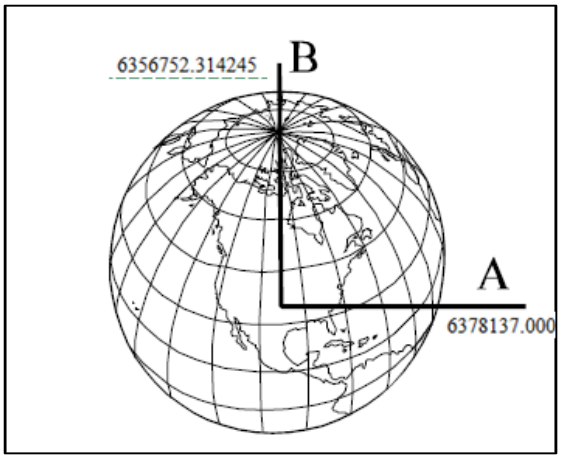
3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE REFERENCIA

La selección del sistema global de referencia, se convierte en la primera referencia global que permite ubicar el desarrollo del en un sistema de coordenadas conocido y estandarizado. De lo anterior, la necesidad de especificar el sistema seleccionado dado que será el insumo de control geográfico. A continuación, se especifica el sistema de referencia adoptado según la normatividad vigente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

3.1.1 Datum geodésico horizontal

Se conoce como el conjunto de mediciones que definen la orientación de un elipsoide de referencia en la superficie terrestre. Conocer el datum geodésico de referencia, permite conocer dimensiones de una superficie cartográfica de una región especifica. Para Colombia, el datum geodésico de referencia es el WGS-84, cuyo elipsoide asociado a este sistema es GRS80.

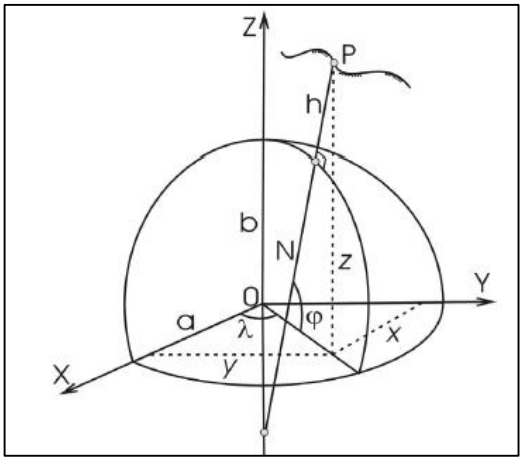
Normalmente, los sistemas de referencia o datum geodésico de cada elipsoide, están asociados a longitudes de un semi eje mayor y semi eje menor, ver **Figura 3.**



Fuente: Figura 18 TeleSig-Universidad Nacional 2003
Figura 3 Identificación semi eje mayor A y semi eje menor B

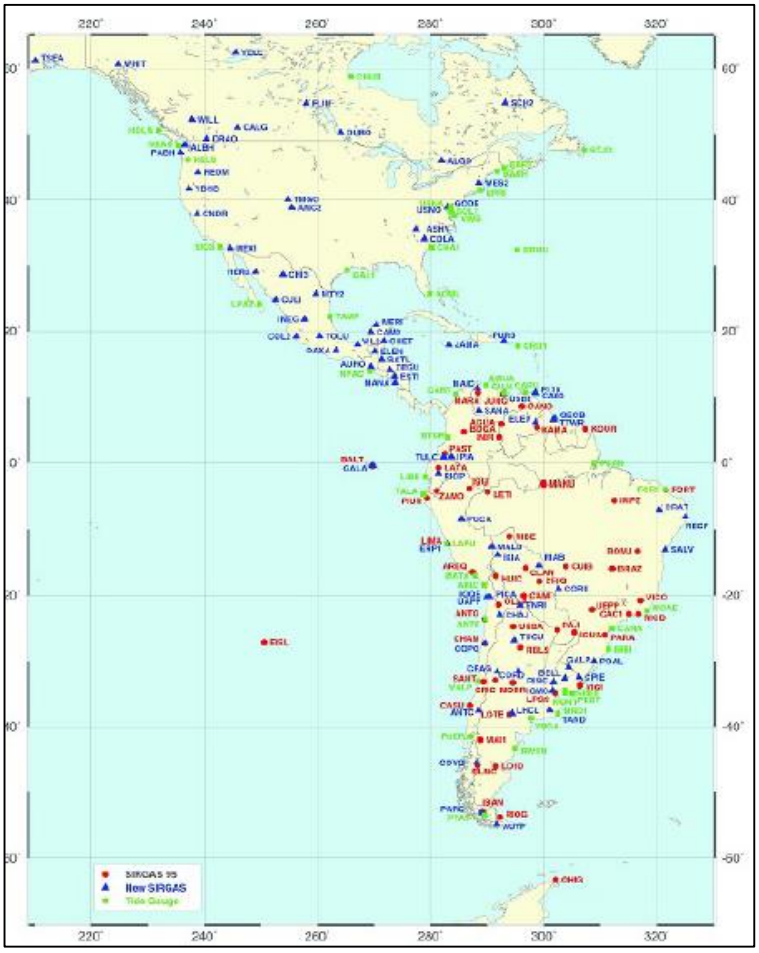
3.1.2 Sistema geocéntrico de referencia global

Sistema de coordenadas que tiene como origen el centro de la tierra y los puntos coordenados se definen de forma cartesiana por medio de líneas paralelas desde su origen (centro de la tierra) con coordenadas ***Xo, Yo y Zo*** (ver **Figura 4**). El sistema geocéntrico de referencia adoptado por Colombia según el IGAC, es el ITRF 2014 (International Terrestrial Reference Frame 2014).



Fuente: Figura 4.1 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 4 Coordenadas cartesianas tridimensionales

3.1.3 Sistema geocéntrico de referencia de las Américas



Fuente: Figura 8 Adopción marco de referencia MAGNA SIRGAS 2004
Figura 5 Sistema de referencia de las Américas, SIRGAS

El IGAC ha adoptado como sistema de referencia de coordenadas local, el sistema MAGNA SIRGAS (*Marco Geocéntrico Nacional de Referencia – Sistema de Referencia Geocéntrico de las Américas).* El cual está compuesto por una red de estaciones GPS de alta precisión distribuidos en América del Sur. Esta red fue determinada entre los años 1994, 1995 y 1997, con una reocupación de otras antenas en el año 2007. La red MAGNA SIRGAS, corresponde a una integración de la red del Marco internacional de Referencia Terrestre (ITRF) a través de la vinculación por medio del sistema SIRGAS, Lo que garantiza que los procesos de amarres geodésicos en Colombia están asociados a un sistema de referencia global. En la **Figura 5,** se observa la red SIRGAS.

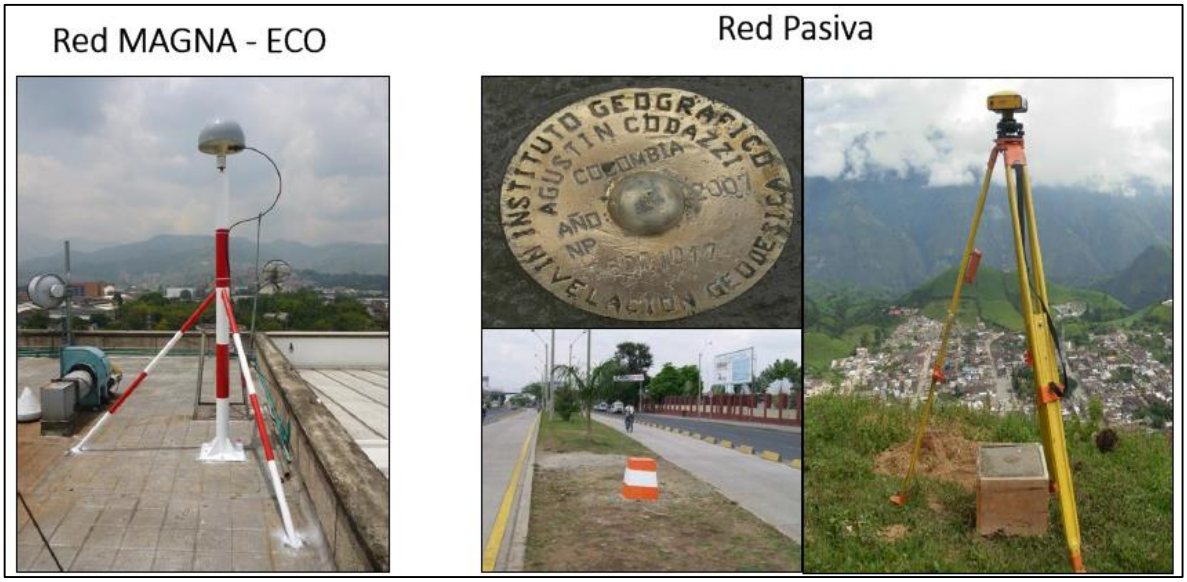
3.1.4 Sistema geocéntrico de referencia local

El sistema de referencia local MAGNA, está compuesto por una red de GPS de 62 estaciones localizadas en diferentes ciudades del territorio nacional ***(red activa)*** y 6966 vértices materializados a lo largo del país ***(red pasiva).*** Estas dos redes, componen la red geodésica adoptada por Colombia y administrada por el IGAC, la cual sirve de referencia para procesos catastrales, geográficos, topográficos y desarrollo de proyectos de ingeniería. Tal información, puede ser obtenida de los datos abiertos de la página del IGAC (Geodesia), en formato shapefile.

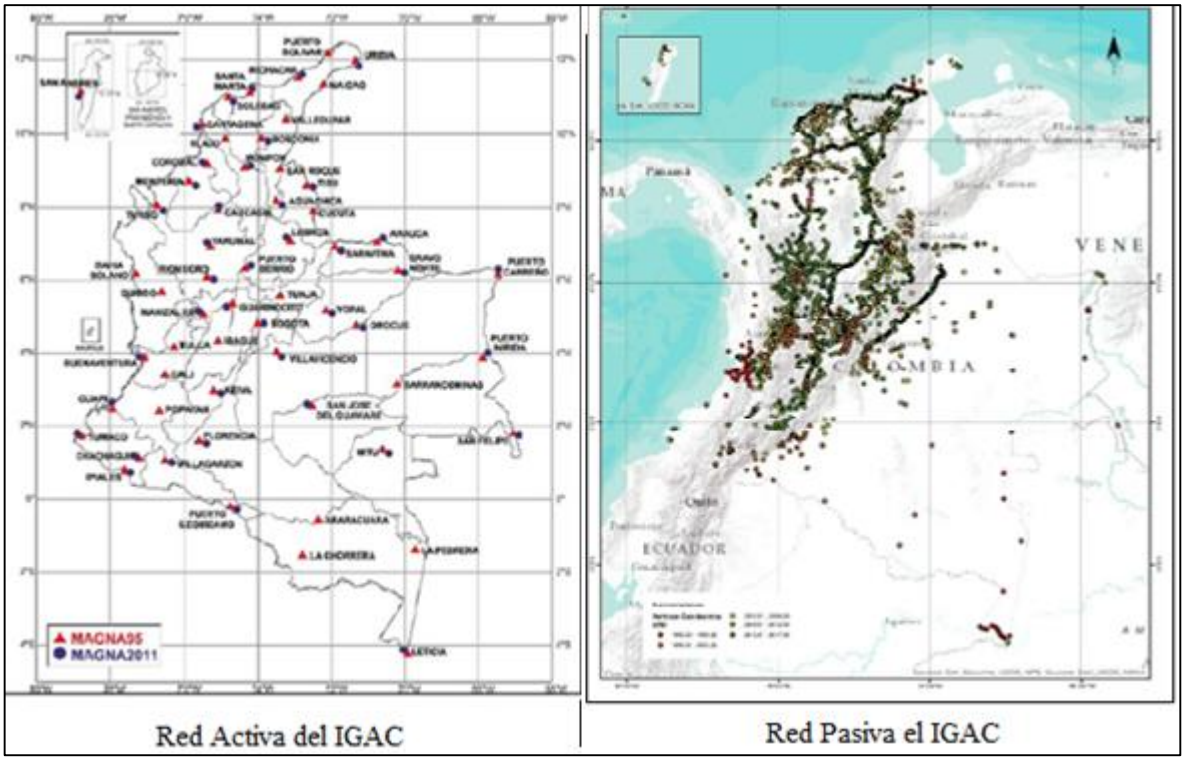
La información de la red activa del IGAC, se puede obtener de manera mensual de la página coordenadas semanales, sistema de referencia (http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/), en donde se cargan las coordenadas ajustadas en épocas recientes de la red MAGNA SIRGAS y los archivos Rinex de las antenas GPS, de pueden descargar de la página del IGAC, datos abiertos (https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-geodesia), archivos rinex (FTP); página online donde el IGAC carga para uso libre los archivos rinex colectados en las antenas GPS. Los archivos mencionados anteriormente componen la información primordial para realizar un ajuste por post-proceso de información GPS (***latitud, longitud y altura elipsoidal)*** para proyectos, en este caso particular de Ingeniera y Topografía.

La información de la red pasiva del IGAC, se puede obtener de la página del IGAC (https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-geodesia - Datos Coordenados Red Geodésica Nacional Nuevo ITRF 2014); Archivo en formato .**xls**, en el cual esta consignada la información de los 6966 vértices materializados en todo el país. Esta información es de gran utilidad en caso de no usar la red activa para el posicionamiento de GPS base en la red pasiva y GPS rover en la zona del proyecto a desarrollar. Adicional, es de gran importancia para la asignación de altura sobre el nivel del mar, ya que estos vértices, contienen información necesaria para tal obtención.

En la **Figura 6,** se puede observar el componente físico de la red activa MAGNA – ECO y el modelo tipo de los vértices materializados de la red pasiva. Adicional en la **Figura 7**, se puede observar la ubicación en el territorio nacional de la red activa y pasiva respectivamente.



Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 6 Componente red activa y pasiva del IGAC

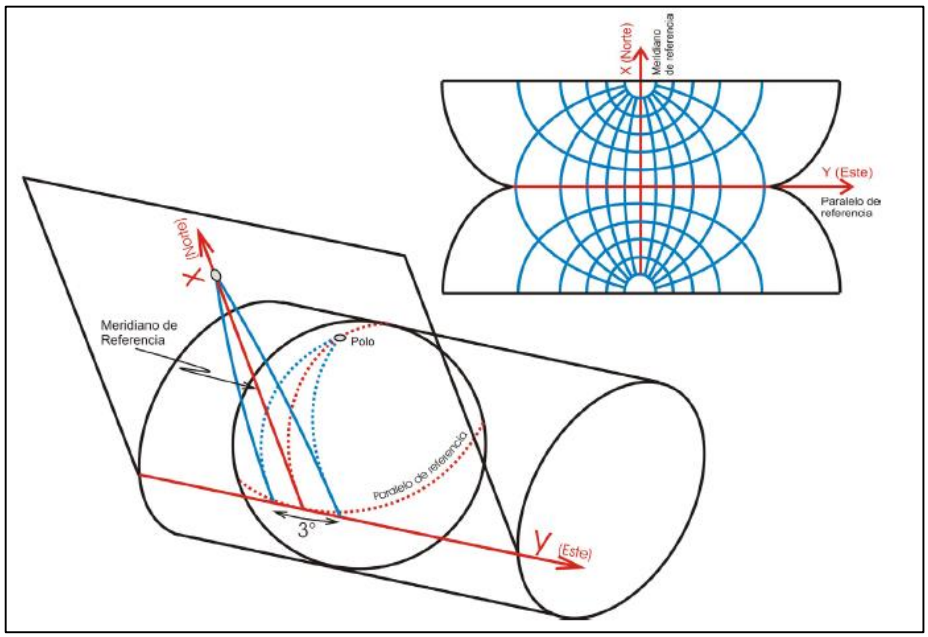


Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 7 Red pasiva y activa del IGAC

3.1.5 Coordenadas planas en Colombia

Dada la dificultad de trabajar en un sistema de coordenadas tridimensional como sistema el sistema de coordenadas geocéntrico o elipsoidal, en Colombia se estableció un sistema de coordenadas planas denominado sistema cartográfico Gauss – Kruger, el cual corresponde a la proyección de coordenadas para Colombia en función de los meridianos y paralelos sobre un plano horizontal (sistema bidimensional). Normalmente, este sistema esta expresado en coordenadas norte y este después de transformar coordenadas geocéntricas y elipsoidales.

Colombia adopto 5 orígenes cartesianos para el desarrollo de proyectos dentro del territorio nacional, los cuales permiten encausar el área de estudio al origen más cercano y así evitar que la distorsión por curvatura terrestre, se convierta en un problema de posicionamiento global. En la **Figura 8,** se observa la proyección cartográfica adoptada por Colombia y en la **Tabla 1,** las coordenadas de los orígenes cartesianos actualizados al sistema de referencia geocéntrico ITFS 2014, **época 2018.00.**



Fuente: Figura 4.2 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 8 Sistema de proyección cartográfica Gauss – Kruger

Origen	Coordenadas elipsoidales		Coordenadas Gauss-Krüger	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte [m]	Este [m]
Bogotá - MAGNA	4° 35' 46,3316"	74° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Este Central – MAGNA	4° 35' 46,3316"	71° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Este Este – MAGNA	4° 35' 46,3316"	68° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Oeste – MAGNA	4° 35' 46,3316"	77° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Oeste Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3316"	80° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Insular	4° 35' 46,3316"	83° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0

Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Tabla 1 Coordenadas Orígenes cartesianos época 2018.00

3.1.6 Selección de época de entrega información

Una vez identificada la red geocéntrica de referencia, es necesario conocer la época en la cual será entregada la información geodésica del proyecto. Cabe aclarar que la información GPS es colectada en tiempo real para realizar el post-procesamiento. Sin embargo, la entrega de las coordenadas de localización del proyecto, deben ser convertidas a época de certificada por el IGAG, época actualizada durante la campaña de *(Implementación de la Actualización del Marco Geocéntrico de Referencia MAGNA-SIRGAS. Resultados y Observaciones).* En donde se establece que la época de entrega de información es: **época 2018.00**, ITRF 2014.

En este punto del trabajo, es de vital importancia aclarar que, la entrega de información en época certificada será aclarada y especificada en los diferentes anexos, etapas y planos de estudio, ya que, de no ser así, se podría incurrir en una errónea selección de las coordenadas del proyecto durante la etapa constructiva, lo cual podría generar desfases en los replanteos y referencias de los elementos diseñados. Dicho lo anterior, las coordenadas de los trabajos desarrollados actualmente (tiempo real), deben ser transformados a época certificada. La obtención de la época del posicionamiento se halla mediante la **expresión 1**.

$$Ep = A + \frac{Dj}{365} \qquad EC\ 1$$

Donde

Ep = Época de posicionamiento
A = Año de posicionamiento
Dj = Día Juliano

Julian Day Table

Add one to day number for leap years: 1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012, 2016, 2020

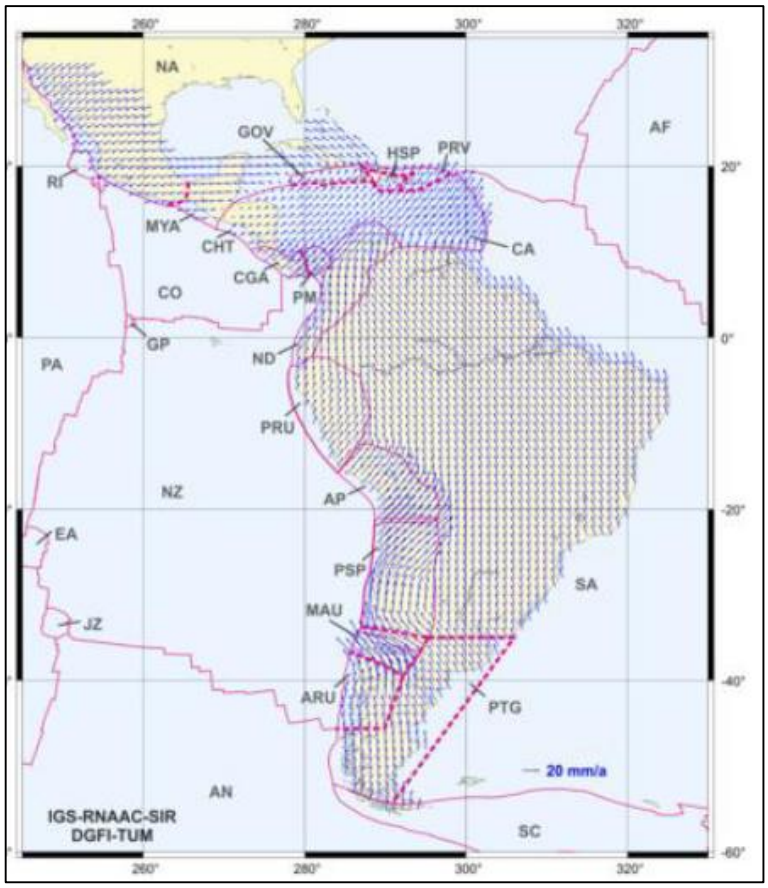
Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	001	032	060	091	121	152	182	213	244	274	305	335
2	002	033	061	092	122	153	183	214	245	275	306	336
3	003	034	062	093	123	154	184	215	246	276	307	337
4	004	035	063	094	124	155	185	216	247	277	308	338
5	005	036	064	095	125	156	186	217	248	278	309	339
6	006	037	065	096	126	157	187	218	249	279	310	340
7	007	038	066	097	127	158	188	219	250	280	311	341
8	008	039	067	098	128	159	189	220	251	281	312	342
9	009	040	068	099	129	160	190	221	252	282	313	343
10	010	041	069	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	011	042	070	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	012	043	071	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	013	044	072	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	014	045	073	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	015	046	074	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	016	047	075	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	017	048	076	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	018	049	077	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	019	050	078	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	020	051	079	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	021	052	080	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	022	053	081	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	023	054	082	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	024	055	083	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	025	056	084	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	026	057	085	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	027	058	086	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	028	059	087	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	029		088	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	030		089	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	031		090		151		212	243		304		365

Tabla 2 Calendario juliano año bisiesto

El día juliano, se halla en la **Tabla 2** para año bisiesto; para año no bisiesto se debe restar un día a cada día después del 01 de marzo. Para la transformación de coordenadas en función de la época, será empleado el software Magna Sirgas Pro 4.2

3.1.7 Modelo de velocidades adoptado

El cálculo de velocidades de la red SIRGAS, se realizó con base en las estaciones de la red GPS en funcionamiento, basado en procesos y proyectos de desarrollo geodinamico. Con el modelo de velocidades, se busca determinar el desplazamiento de un punto en la superficie en función del desplazamiento del centro de la tierra causado por movimientos telúricos a través del tiempo. Esta consultoría, opta como uso del modelo de velocidades, el modelo VEMOS 2009. Ver **Figura 9.**



Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 9 Modelo de velocidades VEMOS 2009

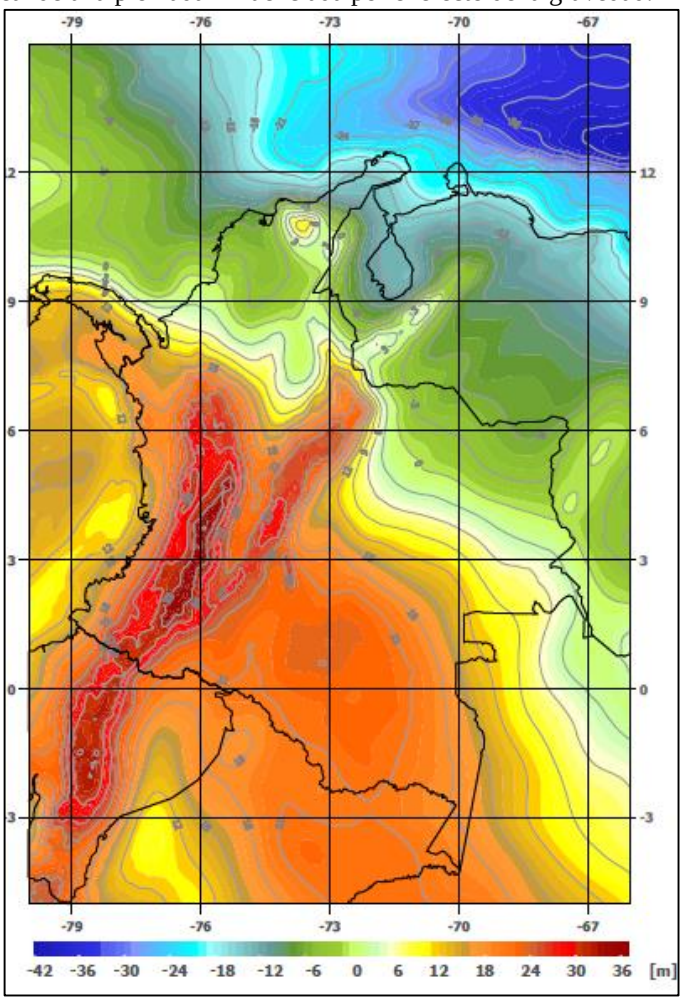
3.1.8 Modelo geoidal para Colombia

Partiendo del sistema tridimensional MAGNA SIRGAS, se puede obtener la altura elipsoidal de diferentes vértices y antenas por medio de la información certificada del IGAC y la red SIRGAS. Sin embargo, la obtención de altura de referencia para Colombia, es la altura sobre el nivel medio del mar; información que se obtiene a partir de un proceso de gravedad terrestre y de un sistema vertical de referencia (modelo geoidal, GEOCOL 2004). Ver **Figura 10.**

Para la asignación de altura o elevación con referencia del nivel medio del mar, se aplica la metodología especificada en la guía "*guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS"*; metodología que especifica el proceso secuencial y lógico para asignar alturas haciendo uso de tecnología GPS. Es necesario aclarar, que para la aplicación del método es necesario conocer la altura elipsoidal y la ondulación geoidal.

- ✓ Altura elipsoidal: corresponde a la altura medida a partir de la normal elipsoidal medida como la distancia entre la superficie del elipsoide y el punto de medición.

- ✓ Ondulación Geoidal: corresponde a la distancia que hay entre el geoide y el elipsoide la cual es medida como referencia la línea real de una plomada influenciada por el efecto de la gravedad.



Fuente: Figura 2.7 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 10 Modelo geoidal (cuasi geoidal) para Colombia GEOCOL 2004

4 NORMATIVA

La presente normativa como objetivo establecer los lineamientos y procedimientos necesarios que se deben cumplir para el levantamiento topográfico según resolución No. 715 del 2018, por medio del cual se utiliza el marco geocéntrico nacional de referencia (MAGNA SIRGAS).

La resolución No. 643 por la cual se adoptan las especificaciones técnicas de levantamiento planimétrico para las actividades de barrido predial masivo y las especificaciones técnicas del levantamiento topográfico planimétrico para casos puntuales.

5 RESULTADOS

5.1 POST – PROCESAMIENTO GPS

Una vez especificado el sistema de referencia geocéntrico tridimensional y el sistema de referencia cartográfico bidimensional, se procede a realizar el post-procesamiento de información GPS por medio de corrección diferencial. El procedimiento se explica a continuación:

5.1.1 Materialización vértice GPS (Rover)

Antes de iniciar el posicionamiento GPS para el proyecto, se materializo una línea base de control por medio de dos vértices denominados **BM11 y BM12** base la cual serán el punto de partida para los diferentes procesos topográficos. En este caso la línea base se materializa con puntillas de acero y delimitados con pintura. No se utilizó platinas de bronce ya que en ocasiones anteriores la comunidad ha desprendido las platinas. La materialización de los puntos de control se realiza en áreas despejadas donde se encuentre la menor cantidad de obstáculos que puedan interferir con la colección de datos satelitales y así garantizar la mayor precisión durante el post proceso. En la **fotografía 1,** Se puede evidenciar el posicionamiento GPS en campo del **BM11 y BM12.**

	
Posicionamiento GPS- RTK BM11	Posicionamiento GPS- RTK BM12

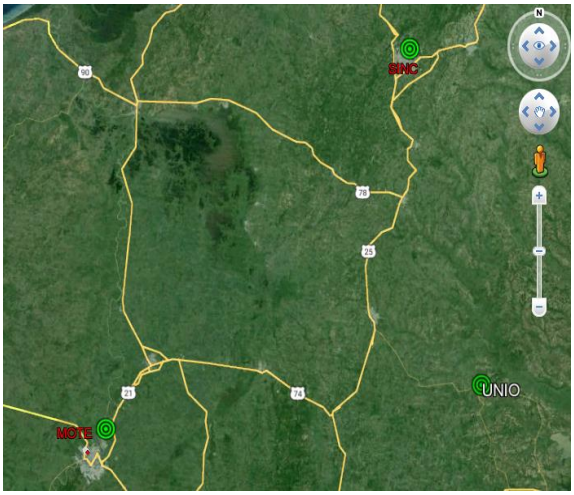
Fuente: Fotografía tomada en campo
Fotografía 1 Materialización vértice **BM1 y BM12**

5.1.2 Selección de antenas GPS y vértices de la red MAGNA

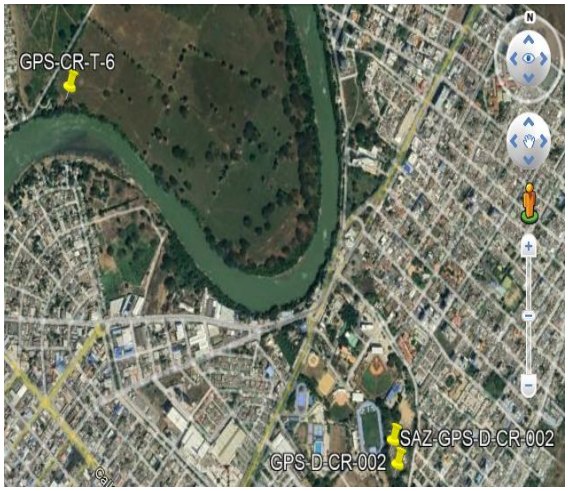
Una vez materializados los vértices GPS se debe seleccionar las antenas de la red activa para asignación de coordenadas y el vértice de la red pasiva para asignación de altura sobre el nivel del mar. Tal selección se realiza en función de la ubicación de los vértices materializados en el área de estudio y se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Las antenas seleccionadas de la red activa, se deben encontrar dentro del marco geocéntrico nacional (MAGNA) con sistema de referencia geocéntrico para las Américas (SIRGAS). Adicional, se deben seleccionar las antenas más cercanas al área del proyecto y garantizar un rastreo mínimo de 3.5 min por kilómetro de distancia. Ver **Figura 11.**

- ✓ Los vértices seleccionados de la red pasiva, se deben encontrar a una distancia no mayor a 18 km con la finalidad de no afectar el proceso de cálculo por la presencia de la curvatura de la tierra. Ver **Figura 11.**



Red Actriva



Red Pasiva

Fuente: Google Earth

Figura 11 Selección de antenas y vértices de la red MAGNA

5.1.3 Cálculo de coordenadas y alturas del proyecto

Una vez materializados los vértices del proyecto, posicionado el equipo GPS doble frecuencia (**anexo 2**) y realizada la colección de información satelital (**anexo 1)**, se procede a realizar el cálculo de las coordenadas del proyecto siguiendo la secuencia presentada a continuación:

5.1.3.1 Post – procesamiento GPS para asignación de coordenadas

- ✓ El post procesamiento GPS se logra haciendo uso del software Leica Geo Office, el cual solicita definir los puntos de control, en este caso serán las antenas seleccionadas de la red activa del IGAC y solicita los vértices a ajustar, en este caso serán los vértices del proyecto. Con la finalidad de cumplir los tiempos mínimos de rastreo establecidos como recomendación por el IGAC, la empresa SERTET SAS, seleccionó las antenas de la red activa más cercanas del IGAC (**Tabla 3 y** Figura **11**) como antenas de control.

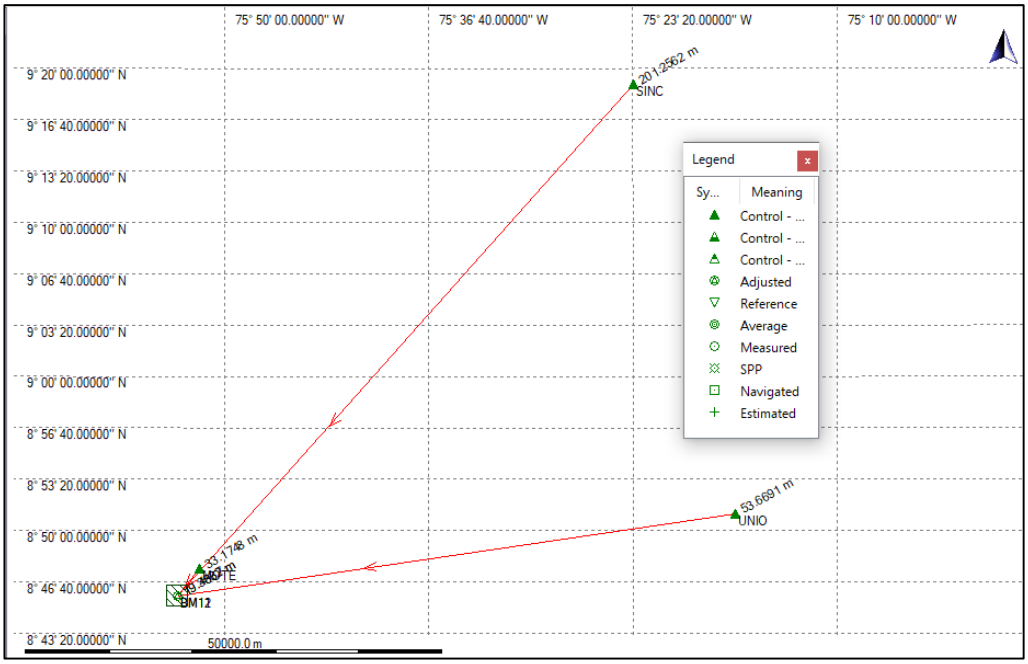
- ✓ Posteriormente, desde las antenas seleccionadas se ajustan los vértices de control materializados en el área de influencia del proyecto objeto de estudio aplicando la metodología presentada anteriormente y complementando que las coordenadas deben ser actualizadas a la época del posicionamiento (tiempo real);

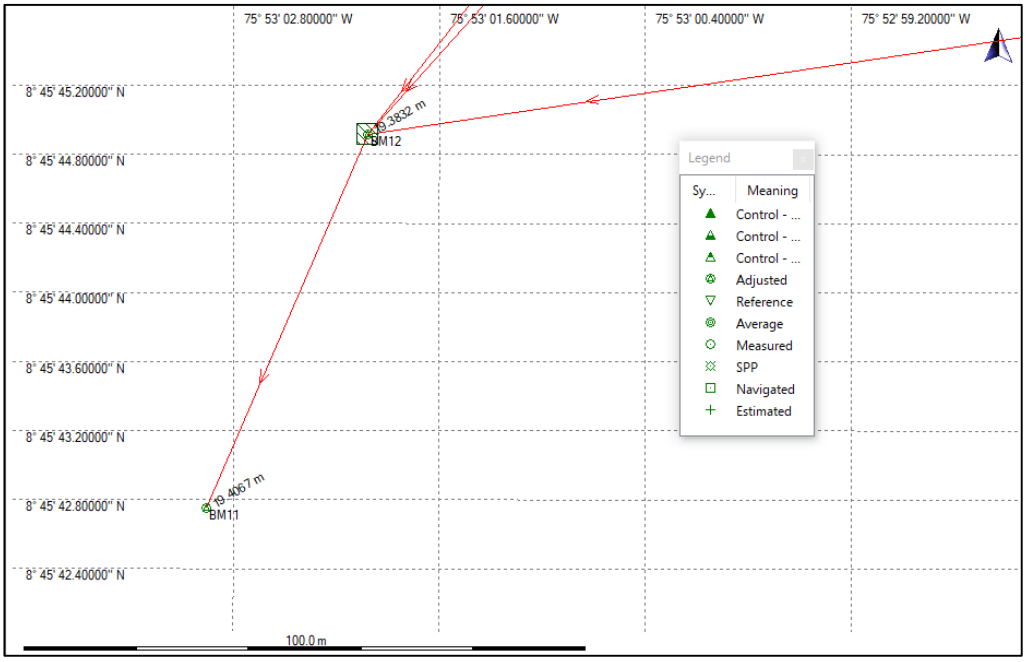
tal proceso se realiza asistido por el software Magna Sirgas Pro 4.2. El posicionamiento GPS en los vértices, se observa en la **fotografía 1**. En la **Figura 12** se observa el diagrama de vectores, en la **Figura 13** el tiempo de rastreo y en la **Figura 14** las coordenadas ajustadas de la antena de CORS.

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS20		EPOCH: 2024-05-15 12:00:00		
NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
0	MOTE	1539877.13378	-6112744.49577	968435.43973	
78	UNIO	1601778.29831	-6095793.77890	974943.46673	
922	SINC	1588028.35025	-6091166.29406	1025655.17300	

Fuente: http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/

Tabla 3 Coordenadas semanales de las antenas seleccionadas





Fuente: Leica Geo Office

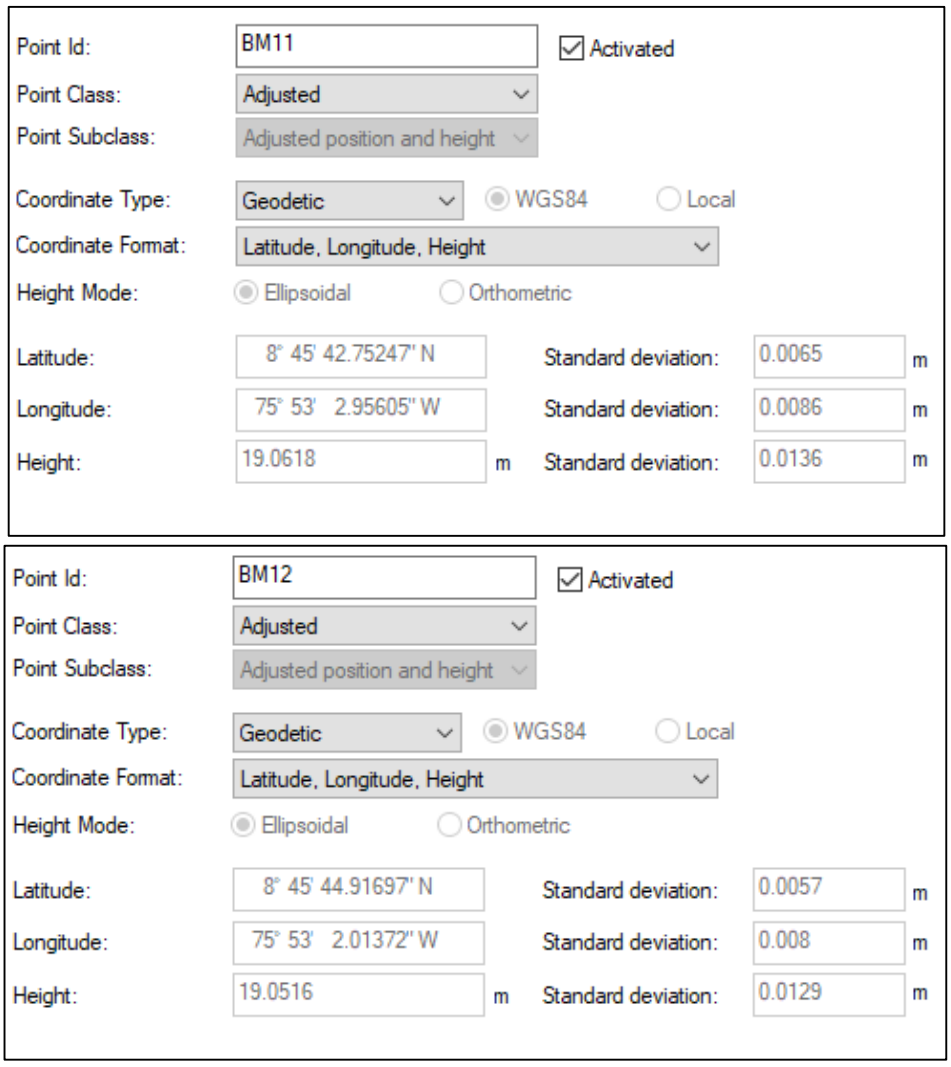
Figura 12 Diagrama de vectores antenas de control

Point ...	Point ...	Start	End	Durat...	GNSS Type	T...
MOTE	Control	07/04/2024 18:59:44	07/05/2024 18:59:29	23h 59'...	GPS/GLONAS...	Sta...
SINC	Control	07/04/2024 18:59:44	07/05/2024 18:59:29	23h 59'...	GPS/GLONASS	Sta...
UNIO	Control	07/04/2024 18:59:44	07/05/2024 18:59:29	23h 59'...	GPS/GLONAS...	Sta...
BM12	Adjusted	07/05/2024 14:33:41	07/05/2024 16:49:10	2h 15' ...	GPS/GLONAS...	Sta...
BM11	Adjusted	07/05/2024 15:27:36	07/05/2024 16:49:12	1h 21' ...	GPS/GLONAS...	Sta...

Point ...	Point ...	Start	End	Durat...	GNSS Type	T...
MOTE	Control	07/04/2024 18:59:44	07/05/2024 18:59:29	23h 59'...	GPS/GLONAS...	Sta...
SINC	Control	07/04/2024 18:59:44	07/05/2024 18:59:29	23h 59'...	GPS/GLONASS	Sta...
UNIO	Control	07/04/2024 18:59:44	07/05/2024 18:59:29	23h 59'...	GPS/GLONAS...	Sta...
BM12	Adjusted	07/05/2024 14:33:41	07/05/2024 16:49:10	2h 15' ...	GPS/GLONAS...	Sta...
BM11	Adjusted	07/05/2024 15:27:36	07/05/2024 16:49:12	1h 21' ...	GPS/GLONAS...	Sta...

Fuente: Leica Geo Office

Figura 13 Tiempo de rastreo antenas de control



Fuente: Leica Geo Office

Figura 14 Coordenadas ajustadas de BM.

- ✓ Los reportes del posts – proceso mencionado anteriormente, se pueden evidenciar en el **anexo 3.** Adicional, en la **Tabla 4** se puede observar los resultados de las coordenadas de los vértices del proyecto BMs (resultados del post – proceso) en época del posicionamiento y época certificada por el IGAC (**época 2018.00**). Las coordenadas presentadas en la tabla mencionada anteriormente se encuentran en el sistema tridimensional geodésico y geocéntrico y en el sistema bidimensional cartográfico Gauss Kruger.

Post procesamiento de los vertices del proyecto													
Coordenadas Elipsoidales													
Vertice	Epoca 05/07/2024						Epoca 01-01-2018						H Elip
	Latitud			Longitud			Latitud			Longitud			
	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	
BM11	8	45	42.75246	75	53	2.95605	8	45	42.75022	75	53	2.95844	19.063
BM12	8	45	44.91697	75	53	2.01372	8	45	44.91471	75	53	2.01610	19.052
El modelo seleccionado de velocidades para la trasnformación de coordenadas en función de la epoca fue VEMOS 2009													
Coordenadas Geocentricas y Planas MAGNA SIRGAS ITRF14													
Vertice	Epoca 01-01-2018												
	Geocentrica X			Geocentrica Y			Geocentrica Z			Norte			Este
BM11	1537491.673			-6113854.544			965144.1762			1460889.345			1131312.450
BM12	1537517.128			-6113837.673			965209.8947			1460955.948			1131341.047

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Coordenadas de los BMs de Posicionamiento época 2018.00

5.1.4 Asignación de elevación sobre el nivel del mar

Esta consultoría utiliza la obtención de altura de un punto (*caso 1. PUNTO*), para lo cual se seleccionan tres vértices actualizados y ajustados de la red pasiva del IGAC, ver **Figura 11 y Tabla 5.** Posteriormente, con el software Magna Sirgas Pro 4.2, se calcula la ondulación geoidal de los vértices del área de estudio como se muestra en la **Tabla 6.** Por último, se asigna elevación sobre el nivel del mar de los vértices del proyecto partiendo desde los vértices de la red pasiva mostrados en la ¡Error! No s e encuentra el origen de la referencia.**.** Los resultados para la obtención de altura están consignados en la **Tabla 6.**

Esta consultoría a modo de control, calcula la altura sobre el nivel del mar de dos vértices seleccionados de la red pasiva; la finalidad de este procedimiento, es comparar la altura calculada por la metodología planteada por el IGAC y la altura certificada de la red pasiva, de esta forma poder garantizar la concordancia de la información de alturas y garantizar que los vértices del proyecto quedaron ajustados de forma correcta, ver **Tabla 7.**

GPS-CR-T-6

OGRGeoJSON:FID	1588
OGRGeoJSON:PUNTO	GPS-CR-T-6
OGRGeoJSON:MUNICIPIO	MONTERÍA
OGRGeoJSON:DEPARTAMEN	Córdoba
OGRGeoJSON:FECHA_CALC	2006
OGRGeoJSON:LATITUD	8.77308575556
OGRGeoJSON:LONGITUD	-75.8795533333
OGRGeoJSON:ALTURA_ELI	18.152
OGRGeoJSON:ALTURA_NIV	15.6
OGRGeoJSON:TIPO_ALTUR	Geocol
OGRGeoJSON:ONDULACION	3.33
OGRGeoJSON:X	1537936.30081
OGRGeoJSON:Y	-6113546.55316
OGRGeoJSON:Z	966369.404157
OGRGeoJSON:VX	0.0105
OGRGeoJSON:VY	0.0043
OGRGeoJSON:VZ	0.0105

GPS-D-CR-002

OGRGeoJSON:FID	1591
OGRGeoJSON:PUNTO	GPS-D-CR-002
OGRGeoJSON:MUNICIPIO	MONTERÍA
OGRGeoJSON:DEPARTAMEN	Córdoba
OGRGeoJSON:FECHA_CALC	2002
OGRGeoJSON:LATITUD	8.76292726667
OGRGeoJSON:LONGITUD	-75.8670085833
OGRGeoJSON:ALTURA_ELI	17.3121
OGRGeoJSON:ALTURA_NIV	14.8
OGRGeoJSON:TIPO_ALTUR	Geocol
OGRGeoJSON:ONDULACION	3.36
OGRGeoJSON:X	1539316.42337
OGRGeoJSON:Y	-6113374.95553
OGRGeoJSON:Z	965258.873287
OGRGeoJSON:VX	0.0105
OGRGeoJSON:VY	0.0043
OGRGeoJSON:VZ	0.0105

SAZ-GPS-D-CR-002

OGRGeoJSON:FID	1590
OGRGeoJSON:PUNTO	SAZ-GPS-D-CR-002
OGRGeoJSON:MUNICIPIO	MONTERÍA
OGRGeoJSON:DEPARTAMEN	Córdoba
OGRGeoJSON:FECHA_CALC	2002
OGRGeoJSON:LATITUD	8.7635952
OGRGeoJSON:LONGITUD	-75.8671989722
OGRGeoJSON:ALTURA_ELI	17.4472
OGRGeoJSON:ALTURA_NIV	14.9
OGRGeoJSON:TIPO_ALTUR	Geocol
OGRGeoJSON:ONDULACION	3.35
OGRGeoJSON:X	1539293.39366
OGRGeoJSON:Y	-6113369.28583
OGRGeoJSON:Z	965331.905154
OGRGeoJSON:VX	0.0105
OGRGeoJSON:VY	0.0043
OGRGeoJSON:VZ	0.0105

Fuente: Extraída de Certificación IGAC, red pasiva

Tabla 5 Vértices seleccionados de la red pasiva del IGAC



Fuente: Leica Geo Office

Figura 15 Secuencia para cálculo de altura sobre el nivel del mar.

Vértice GPS	Altura Elipsoidal (h)	Ondulación Geocol	Altura SNMM	MATRIZ L Vector de Observaciones	MATRIZ L Corregida Vector de Observaciones	Altura SNMM Calculada
				$DH°_{GPS} = DH_i - DH_{i-1}$	DH_{GPS} Corregido	H_{GPS} Final
GPS-CR-T-6	18.152 m	3.33 m	15.600 m	0.000 m	0.000 m	15.600 m
BM11	19.063	3.40 m		0.841 m	0.841 m	16.441 m
BM12	19.051	3.40 m		-0.012 m	-0.012 m	16.429 m
GPS-D-CR-002	17.312 m	3.36 m		-1.699 m	-1.699 m	14.730 m
SAZ-GPS-D-CR-002	17.447 m	3.35 m		0.145 m	0.145 m	14.875 m
GPS-CR-T-6	18.152 m	3.33 m	15.600 m	0.725 m	0.725 m	15.600 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Calculo de altura sobre el nivel del mar vértices del proyecto BMs

Vértice GPS	Altura Elipsoidal (h)	Ondulación Geocol	Altura SNMM Certificada Red Pasiva	Altura SNMM Calculada
GPS-CR-T-6	18.152 m	3.33 m	15.600 m	15.600 m
GPS-D-CR-002	17.312 m	3.36 m	14.900 m	14.730 m
SAZ-GPS-D-CR-002	17.447 m	3.35 m	14.800 m	14.875 m

Fuente: Elaboración propia

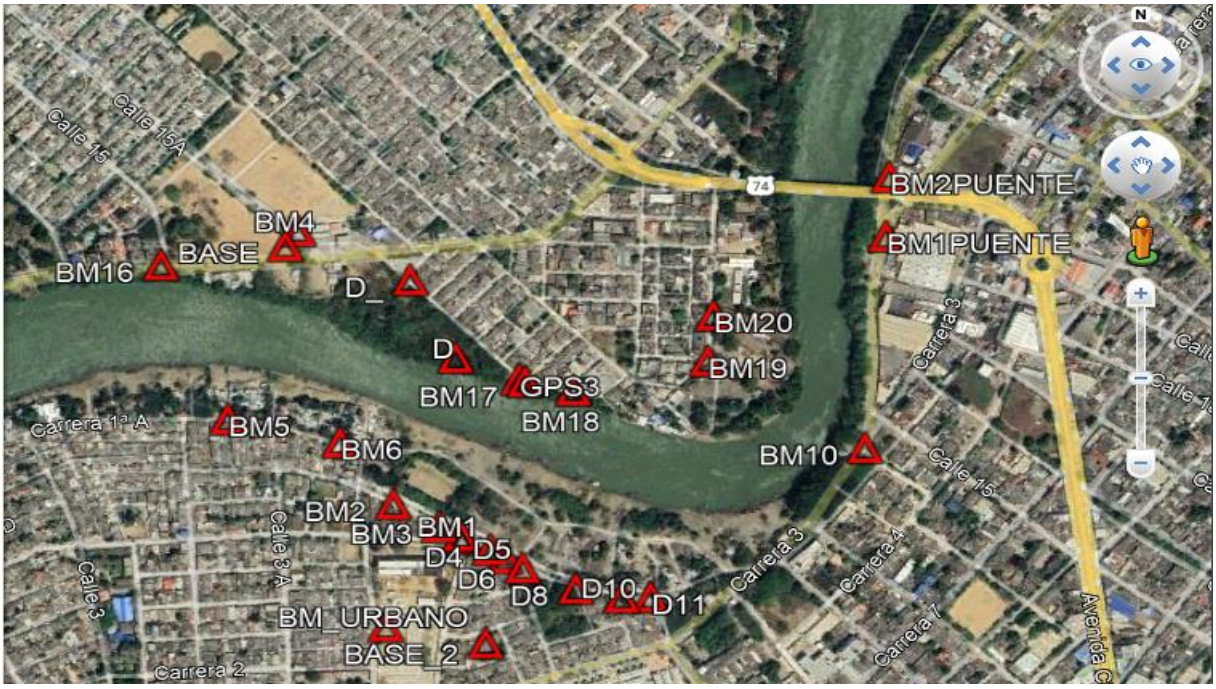
Tabla 7 Verificación de elevación SNMM vértices de la red pasiva

De la **Tabla 7,** se puede deducir la precisión del método ya que al asignar alturas a los vértices de la red pasiva y comparar con las alturas certificadas por el IGAC, se encuentra que las diferencias no son significativas.

6 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

6.1 Materialización de vértices auxiliares

Una vez realizado el post proceso GPS y obtenidas las coordenadas corregidas de los BMs, se genera un formato de localización como se muestra en el **anexo 4**. Adicional, En **el anexo 5** se consigna las coordenadas corregidas de los vértices auxiliares materializados correspondientes a la poligonal de control. Cabe aclarar que los vértices mencionados, son relevantes durante el levantamiento topográfico puesto que corresponden a la línea base o referencia para futuros replanteos. En la **Figura 16,** se puede observar la ubicación de los vértices materializados en campo



Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Vértices de control BMs

Nombre	Código	N	E	H	Altura Antena	Modificar Altura Antena	Método de Medición	Número de Observaciones
1	BASE	1459634.230	1129762.544	16.162	0	0	Rápido	0
23	BASE_2	1459051.507	1130021.370	19.466	2.2	2.3116	Rápido	0
1108	BM_URBANO	1459075.421	1129893.324	17.878	2	2.1116	Control	20
1109	BM1	1459208.936	1129989.154	16.601	2	2.1116	Control	20
1111	BM1PUENTE	1459650.252	1130533.027	17.262	2	2.1116	Control	20
1112	BM2	1459255.021	1129902.093	16.831	2	2.1116	Control	20
1113	BM2PUENTE	1459737.556	1130537.120	17.209	2	2.1116	Control	20
1114	BM3	1459221.936	1129961.143	16.647	2	2.1116	Control	20
1116	BM4	1459655.867	1129778.557	16.361	2	2.1116	Control	20
1117	BM5	1459379.018	1129689.264	16.471	2	2.1116	Control	20
1118	BM6	1459345.412	1129833.385	16.065	2	2.1116	Control	20
1119	BM10	1459339.544	1130507.134	16.867	2	2.1116	Control	20
1121	BM16	1459605.366	1129603.065	16.271	2	2.1116	Control	20
1122	BM17	1459435.465	1130070.599	16.457	2	2.1116	Control	20
1123	BM18	1459422.819	1130132.919	15.992	2	2.1116	Control	20
1124	BM19	1459466.379	1130304.791	16.756	2	2.1116	Control	20
1125	BM20	1459533.635	1130311.892	16.717	2	2.1116	Control	20
1553	D	1459470.292	1129981.424	17.318	2	2.1116	Control	20
1554	D_	1459584.179	1129922.697	12.781	2	2.1116	Control	20
1557	D4	1459188.359	1130026.721	16.627	2	2.1116	Control	20
1558	D5	1459175.828	1130045.849	16.680	2	2.1116	Control	20
1559	D6	1459161.744	1130068.301	16.767	2	2.1116	Control	20
1560	D8	1459131.913	1130136.797	17.091	2	2.1116	Control	20
1561	D9	1459126.418	1130161.961	17.223	2	2.1116	Control	20
1562	D10	1459118.900	1130195.712	17.327	2	2.1116	Control	20
1563	D11	1459119.668	1130232.783	17.510	2	2.1116	Control	20

Nombre	Código	N	E	H	Altura Antena	Modificar Altura Antena	Método de Medición	Número de Observaciones
1718	GPS2	1459204.242	1129990.042	16.821	2	2.1116	Control	20
1720	GPS3	1459438.649	1130062.754	16.874	2	2.1116	Control	20

PDOP	HDOP	VDOP	Satélites Rastreados	Satélites Usados	Número de Constelación	Solución	Error RMS	Precisión X	Precisión Y	Error Horizontal	Error Vertical
0.000000	0.000000	0.000000	-	-	-	Autónomo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.000000	0.000000	0.000000	-	-	-	Autónomo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.229503	0.612172	1.066265	27	25	3	Fija	0.0181	0.0090	0.0110	0.0144	0.0224
1.229369	0.612168	1.066114	27	25	3	Fija	0.0181	0.0090	0.0110	0.0143	0.0225
1.229029	0.612156	1.065728	27	25	3	Fija	0.0184	0.0090	0.0110	0.0143	0.0229
1.228837	0.612150	1.065511	27	25	3	Fija	0.0172	0.0090	0.0110	0.0138	0.0212
1.412567	0.671431	1.242790	27	24	3	Fija	0.0175	0.0090	0.0110	0.0141	0.0215
1.206934	0.589285	1.053296	27	25	3	Fija	0.0170	0.0090	0.0110	0.0138	0.0209
1.206596	0.589301	1.052900	27	25	3	Fija	0.0171	0.0090	0.0110	0.0139	0.0209
1.206332	0.589314	1.052590	27	25	3	Fija	0.0193	0.0100	0.0110	0.0155	0.0237
1.206258	0.589318	1.052503	27	25	3	Fija	0.0172	0.0090	0.0110	0.0139	0.0211
1.227019	0.612116	1.063433	27	24	3	Fija	0.0198	0.0090	0.0110	0.0147	0.0252
1.243778	0.608494	1.084767	27	25	3	Fija	0.0184	0.0100	0.0120	0.0154	0.0223
1.243468	0.608504	1.084406	27	25	3	Fija	0.0173	0.0090	0.0110	0.0141	0.0212
1.236520	0.624169	1.067425	26	24	3	Fija	0.0185	0.0100	0.0120	0.0153	0.0225
1.236080	0.624142	1.066930	26	23	3	Fija	0.0188	0.0100	0.0120	0.0153	0.0230
1.203839	0.589468	1.049646	27	25	3	Fija	0.0170	0.0090	0.0110	0.0138	0.0209
1.280753	0.619029	1.121219	22	16	3	Fija	0.0212	0.0120	0.0130	0.0176	0.0257
1.280534	0.618913	1.121032	22	19	3	Fija	0.0194	0.0110	0.0130	0.0172	0.0228
1.580279	0.682931	1.425091	20	18	3	Fija	0.0209	0.0090	0.0120	0.0150	0.0269
1.579999	0.682928	1.424783	20	18	3	Fija	0.0209	0.0090	0.0120	0.0150	0.0268
1.655701	0.709968	1.495758	20	18	3	Fija	0.0201	0.0090	0.0110	0.0141	0.0259
1.614671	0.718662	1.445921	20	18	3	Fija	0.0220	0.0100	0.0120	0.0155	0.0283
1.614671	0.718662	1.445921	20	18	3	Fija	0.0216	0.0100	0.0120	0.0153	0.0277
1.613541	0.718621	1.444680	20	18	3	Fija	0.0214	0.0100	0.0120	0.0152	0.0275
1.613541	0.718621	1.444680	20	18	3	Fija	0.0211	0.0100	0.0120	0.0152	0.0270
1.579599	0.721567	1.405160	21	18	3	Fija	0.0247	0.0120	0.0140	0.0183	0.0314
1.292055607	0.715529	1.075837255	20	17	3	Fija	0.0211	0.0100	0.0130	0.0162	0.0264

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Poligonal de Control

6.2 Metodología de levantamiento por RTK

El levantamiento con GPS RTK cumple una función similar a la estación total, la cual es asignar coordenadas a diferentes puntos de la superficie. Los receptores RTK son dispositivos avanzados que captan señal satelital GPS y GLONAS; Adicional permiten comunicar el receptor/emisor base (punto fijo) con otro receptor denominado rover (punto móvil) haciendo cálculos desde señales electromagnética para conseguir coordenadas y elevaciones de la superficie con precisiones cercanas a 1 cm. Esta tecnología fue utilizada para el levantamiento del corredor vial. En el **anexo 1** se consignan los archivos RTK**,** la cartera de coordenadas con los puntos levantados se encuentra en el **anexo 6.** La **Tabla 9**, presenta un resumen de la cartera de coordenadas.

NODO	NORTE	ESTE	ALTURA NIVELADA	LATITUD	LONGITUD	CODIGO
1	1458929.917	1130018.181	17.022	N8° 44' 39.12"	W75° 53' 45.50"	ADOQUIN
2	1458932.125	1130018.455	17.138	N8° 44' 39.19"	W75° 53' 45.49"	ADOQUIN
3	1458934.103	1130018.573	17.066	N8° 44' 39.25"	W75° 53' 45.48"	ADOQUIN
4	1458933.965	1130030.368	16.987	N8° 44' 39.25"	W75° 53' 45.10"	ADOQUIN
5	1458932.222	1130030.266	16.916	N8° 44' 39.19"	W75° 53' 45.10"	ADOQUIN
6	1458930.145	1130030.306	16.929	N8° 44' 39.12"	W75° 53' 45.10"	ADOQUIN
7	1458989.492	1130294.639	17.147	N8° 44' 41.03"	W75° 53' 36.45"	ANDEN
8	1458992.443	1130289.912	17.142	N8° 44' 41.13"	W75° 53' 36.60"	ANDEN
9	1458991.295	1130288.312	17.185	N8° 44' 41.09"	W75° 53' 36.65"	ANDEN
10	1459011.728	1130152.024	17.416	N8° 44' 41.77"	W75° 53' 41.11"	ANDEN
11	1459012.527	1130151.934	17.371	N8° 44' 41.79"	W75° 53' 41.11"	ANDEN
12	1459013.319	1130150.395	17.335	N8° 44' 41.82"	W75° 53' 41.16"	ANDEN
13	1459021.570	1130148.680	17.369	N8° 44' 42.09"	W75° 53' 41.22"	ANDEN
14	1459022.597	1130148.173	17.394	N8° 44' 42.12"	W75° 53' 41.24"	ANDEN
15	1459031.078	1130172.221	17.340	N8° 44' 42.39"	W75° 53' 40.45"	ANDEN
16	1459029.857	1130172.786	17.343	N8° 44' 42.35"	W75° 53' 40.43"	ANDEN
17	1459021.421	1130177.345	17.431	N8° 44' 42.08"	W75° 53' 40.28"	ANDEN
18	1459020.551	1130177.709	17.462	N8° 44' 42.05"	W75° 53' 40.27"	ANDEN
19	1459026.539	1130195.319	17.406	N8° 44' 42.24"	W75° 53' 39.69"	ANDEN
20	1459027.327	1130195.022	17.397	N8° 44' 42.27"	W75° 53' 39.70"	ANDEN
21	1459036.206	1130191.797	17.347	N8° 44' 42.56"	W75° 53' 39.81"	ANDEN
22	1459037.577	1130191.366	17.480	N8° 44' 42.60"	W75° 53' 39.82"	ANDEN
23	1459041.098	1130205.975	17.346	N8° 44' 42.72"	W75° 53' 39.34"	ANDEN
24	1459042.239	1130205.472	17.392	N8° 44' 42.75"	W75° 53' 39.36"	ANDEN
25	1459454.100	1129671.378	10.841	N8° 44' 56.21"	W75° 53' 56.79"	N_RIO
26	1459451.341	1129659.117	10.934	N8° 44' 56.12"	W75° 53' 57.19"	N_RIO
27	1459447.463	1129639.932	10.841	N8° 44' 56.00"	W75° 53' 57.82"	N_RIO
28	1459445.867	1129622.926	10.966	N8° 44' 55.95"	W75° 53' 58.37"	N_RIO
29	1459444.333	1129600.339	10.886	N8° 44' 55.90"	W75° 53' 59.11"	N_RIO
30	1459440.402	1129574.427	11.028	N8° 44' 55.78"	W75° 53' 59.96"	N_RIO
31	1459437.614	1129556.234	10.989	N8° 44' 55.69"	W75° 54' 00.56"	N_RIO
32	1459263.578	1130080.354	15.946	N8° 44' 49.97"	W75° 53' 43.43"	NIVEL
33	1459255.846	1130074.590	16.143	N8° 44' 49.72"	W75° 53' 43.62"	NIVEL
34	1459250.540	1130070.908	16.512	N8° 44' 49.55"	W75° 53' 43.74"	NIVEL
35	1459259.187	1130060.924	16.357	N8° 44' 49.83"	W75° 53' 44.07"	NIVEL
36	1459265.621	1130064.107	15.871	N8° 44' 50.04"	W75° 53' 43.96"	NIVEL
37	1459275.719	1130068.609	15.456	N8° 44' 50.37"	W75° 53' 43.81"	NIVEL
38	1459282.309	1130071.093	15.280	N8° 44' 50.58"	W75° 53' 43.73"	NIVEL
39	1459293.109	1130067.276	14.832	N8° 44' 50.93"	W75° 53' 43.85"	NIVEL
40	1459284.494	1130060.493	15.224	N8° 44' 50.65"	W75° 53' 44.08"	NIVEL
41	1459275.734	1130054.555	15.685	N8° 44' 50.37"	W75° 53' 44.27"	NIVEL
42	1459269.979	1130051.792	16.059	N8° 44' 50.18"	W75° 53' 44.36"	NIVEL

Tabla 9 Resumen de Cartera Coordenadas del Levantamiento Topográfico

6.2.1 Procesamiento de la información

A continuación, se hace una descripción rápida de los procedimientos que se llevaron a cabo para el procesamiento de la información que se recolectó en campo por parte de la comisión de topografía. Esta descripción resume los diferentes pasos y los programas que se tienen en cuenta para poder llegar hasta el producto final que son las carteras editadas, y planos definitivos con accidentes geográficos y detalles generales de campo.

Una vez se ha realizado el levantamiento topográfico y se tienen almacenados todos los puntos con sus características (Norte, Este, Cota y Código), se inicia a procesar la información recogida en campo. Se inicia a descargar la información del colector del RTK y de la estación total por medio de exportación de archivos crudos que arroja el equipo, la información se encuentra ubicada en el **anexo 1 Archivos RTK.**

Posteriormente, la cartera obtenida se importa en un software de dibujo como AutoCAD Civil 3D, el cual es utilizado para procesar la información referenciada por (Norte, Este, Cota y Código) y así poder generar un modelo TIN y posteriormente graficas las curvas de nivel del levantamiento topográfico, estas curvas se generarán según las geoformas de la superficie.

Para generar los diferentes atributos que se identificaron en el trabajo de campo se utiliza el software AutoCAD, con el cual se podrá generar una capa para cada atributo o detalle tales como: paramentos, puntos de nivel, gradas, vías, postes, entre otros.

Una vez realizado el posicionamiento GPS y el levantamiento topográfico, se procede a generar una ficha de localización de los vértices materializados en campo durante el post procesamiento para que sirvan como punto de partida para la localización del proyecto. Ver **anexo 4.**

Es de gran importancia resaltar que en caso de que se pierdan los vértices materializados, el contratista durante la etapa de construcción puede utilizar la metodología soportada en el presente informe para materializar nuevos vértices o replantear los existentes con precisiones milimétricas, sin alterar la etapa de ingeniería.

Por último, se genera una serie de planos topográficos (planta – perfil y secciones transversales), los cuales son el resultado grafico de los datos colectados en campo (**anexo 7).** En el **anexo 8** se consigna el registro fotográfico que sirve como evidencia de campo.

6.2.2 Resultados del estudio topográfico

Todas las actividades realizadas son ajustadas con el fin de minimizar los diferentes errores que se presentan durante el desarrollo de la actividad, estos errores se pueden medir mediante un grado de precisión, una elipse de error o una desviación estándar; de esta forma se puede definir la confiabilidad de la información. Ver **Tabla 10** y **Tabla 11.**

Localización					
Coordenadas Planas y Geograficas del vertice materializado (epoca 2018.00)					
GPS	**Coordenadas Geograficas**		**Coordenadas Planas**		**Altura SNMS**
	Latitud	**Longitud**	**Norte**	**Este**	
BM11	N8° 45' 42.75022"	W75° 53' 2.95844"	1460889.345	1131312.450	16.441

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 Coordenadas definitivas del vértice **BM11**

Localización					
Coordenadas Planas y Geograficas del vertice materializado (epoca 2018.00)					
GPS	Coordenadas Geograficas		Coordenadas Planas		Altura SNMS
	Latitud	Longitud	Norte	Este	
BM12	N8° 45' 44.91471"	W75° 53' 2.0161"	1460955.948	1131341.047	16.429

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Coordenadas definitivas del vértice **BM12**

Total, de puntos del levantamiento	4619

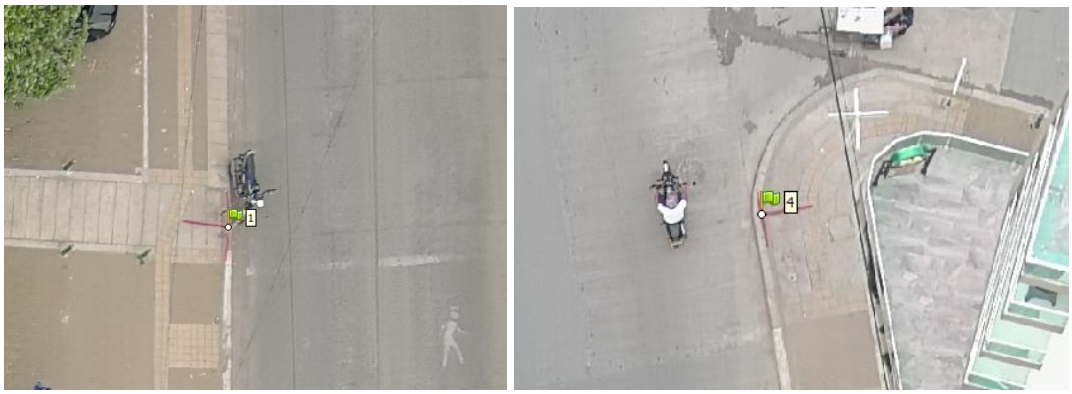
Tabla 12 Fuente: Puntos Total Levantado

7 GENERACIÓN DEL ORTOMOSAICO Y DEM

En este numeral se describe el procedimiento empleado para la generación del ortomosaico. A continuación, se presentan los materiales suministrados o adquiridos y la metodología abordada durante el post proceso de la información.

7.1 Materiales

Se cuenta como punto de partida, con el registro fotográfico obtenido durante el plan de vuelo, el cual se compone de 451 fotografías. Adicional a lo mencionado anteriormente, se tiene el archivo que contiene 9 puntos de control definidos estratégicamente en el área abarcada durante el plan de vuelo (**anexo 9**); cabe aclarar, que algunos puntos de control obedecen a elementos de la infraestructura urbana claramente identificables durante el procesamiento de la información (tapas de pozos de inspección o intersección de demarcación con pintura), otros puntos de control terrestre corresponden a marcas establecidas en campo conocidas como target, referencias visualizadas en la **Figura 17.**



Fuente: Software Agisoft

Figura 17 Puntos de Control

7.2 Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información, como se mencionó anteriormente fue empleado el software Agisof, software mediante el cual se pudo ajustar las fotografías y alinear las mismas tomando como referencia los 9 puntos target que se muestran en la **Figura 18.**



Fuente: Software Agisoft

Figura 18 Puntos de control terrestre empleados durante el post proceso

Se emplearon 9 puntos de chequeo que no es menor a lo establecido en la descripción del método de evaluación de la resolución 471 de 2020 del IGAC y 11 puntos de control con la finalidad de mejorar la precisión de la cartografía. Durante el procesamiento de la información (**anexo 10)**, Se obtuvo, un valor de **(GSD = XY error = 0.48m) y (RMSEr = Total =1.39m)**, la cartografía a generar tiene un nivel de detalle a escala 1:1000 según la denominación del producto.

Lo presentado anteriormente se referencio a los valores establecidos en las **Tabla 13 y Tabla 14.**

Denominación de producto	Base de datos cartográfica (vectorial) Escala	Denominación de producto	Ortoimágenes GSD (cm)	Denominación de producto	Modelos digitales de terreno Grilla/Malla (m)
Carto1000	1:1000	Orto10	10	MDT1	1
Carto2000	1: 2000	Orto20	20	MDT2	2
Carto5000	1: 5000	Orto50	50	MDT5	5
Carto10000	1:10000	Orto100	100	MDT10	10
Carto25000	1:25000	Orto250	250	MDT25	25

Fuente: Resolución 471 de 2020 IGAC
Tabla 13 Productos a nivel de detalle

GSD (m)	RMSEr (m)	Exactitud horizontal confianza 95% (m)*
0,1	0,3	0,52
0,2	0,6	1,04
0,5	1,5	2,60
1	3	5,2
2,5	7,5	13

Fuente: Resolución 471 de 2020 IGAC
Tabla 14 Exactitud de posición absoluta según RMSEr ortoimagen

Por último, según la NTC 6271 estudios topográficos establece la precisión horizontal clase RMSEx y RMSEy según el tamaño del pixel en cm en función de la distancia de muestreo del suelo (GSD), ver **Tabla 15**. Para este caso la precisión del pixel fue de **3.62 cm/pix** (**Tabla 16)** para una escala equivalente en el mapa de 1:190

ASPRS 2014					Equivalente a la escala del mapa en		
Precisión Horizontal Clase RMSEx RMSEy (cm)	RMSEr (cm)	Precisión Horizontal al Nivel de Confianza del 95% (cm)	GSD Aproximado de Imágenes Fuente (cm)	Mosaico Ortoimagen Línea de Costura Máxima No coincidente (cm)	ASPRS 1990 Class 1	ASPRS 1990 Class 2	Equivalente a la escala del mapa en NMAS
0,63	0,9	1,5	0,31 a 0,63	1,3	1:25	1:12.5	1:16
1,25	1,8	3,1	0,63 a 1,25	2,5	1:50	1:25	1:32
2,50	3,5	6,1	1,25 a 2,5	5,0	1:100	1:50	1:63
0,01	7,1	12,2	2,5 a 5,0	10,0	1:200	1:100	1:127
7,50	10,6	18,4	3,8 a 7,5	15,0	1:300	1:150	1:190
10,00	14,1	24,5	5,0 a 10,0	20,0	1:400	1:200	1:253
12,50	17,7	30,6	6,3 a 12,5	25,0	1:500	1:250	1:317
15,00	21,2	36,7	7,5 a 15,0	30,0	1:600	1:300	1:380
17,50	24,7	42,8	8,8 a 17,5	35,0	1:700	1:350	1:444
20,00	28,3	49,0	10,0 a 20,0	40,0	1:800	1:400	1:507
22,50	31,8	55,1	11,3 a 22,5	45,0	1:900	1:450	1:570
25,00	35,4	61,2	12,5 a 25,0	50,0	1:1 000	1:500	1:634

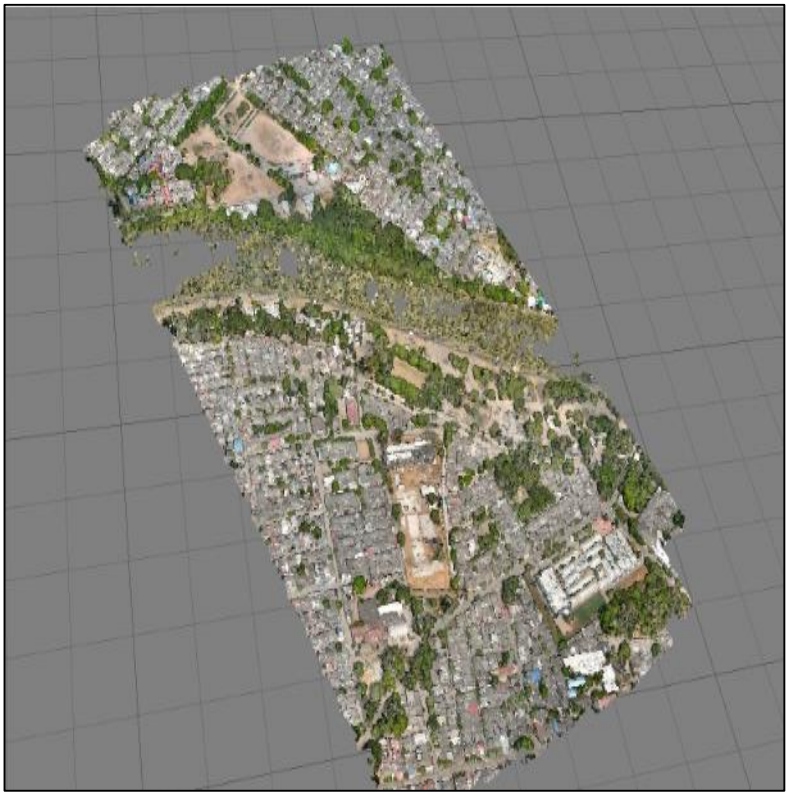
Fuente: NTC 6271 estudios topográficos
Tabla 15 Precisiones – GSD – Escalas ASPRS 2014

DSMand Orthomosaic Resolution	3.62 cm/pixel

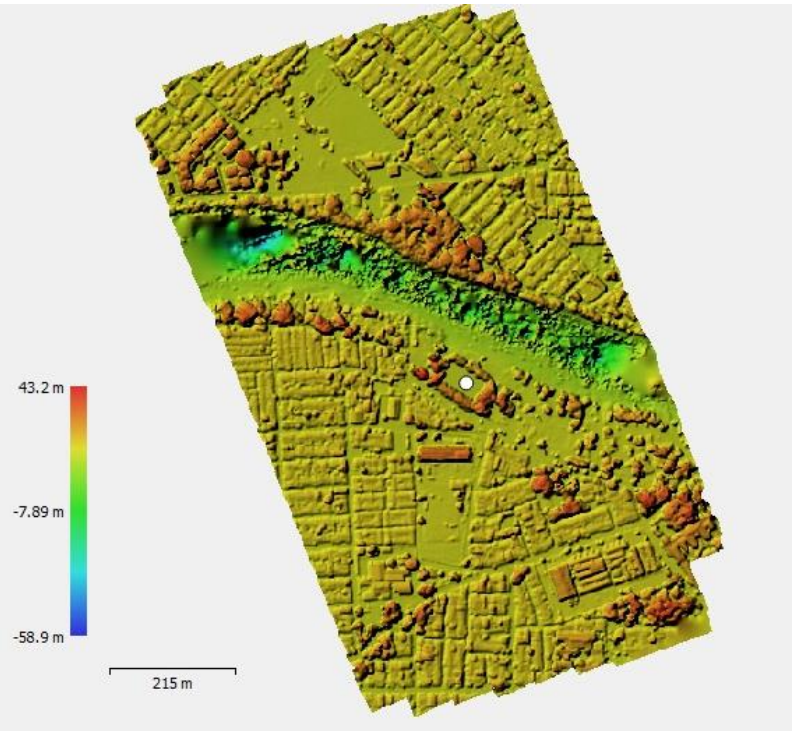
Fuente: Agisoft
Tabla 16 Resultados del procesamiento

7.3 Generación de mapas

Una vez definidos los parámetros de control durante el post proceso de la información, se generó una serie de mapas en alta resolución que son de gran utilidad para diferentes procesos cartográficos o topográficos; se genera la nube de puntos que permite observar un modelo tridimensional del área de estudio y los puntos de control terrestre (**Figura 19**), un Modelo Digital de Superficie (DSM), ver **Figura 20;** y por último se genera el ortomosaico **(Figura 21**), el cual será exportado en una extensión que pueda ser compatible con software de SIG como ArcGis, cuya finalidad es emplear el ortomosaico para la actualización catastral del municipio.



Fuente: Software Agisoft
Figura 19 Puntos de control terrestre



Fuente: Software Agisoft
Figura 20 Modelo Digital de Superficie DSM



Fuente: Software Agisoft
Figura 21 Ortomosaico

El **anexo 10** presenta como resultado los parámetros de procesamiento, donde se puede observar características del equipo empleado, número de fotografías aéreas, número de fotografías alineadas, sistema de referencia de coordenadas, cantidad de puntos de control terrestres, re proyección de error entre otros.

8 EQUIPOS UTILIZADOS

Durante el trabajo de campo se utilizaron equipos topográficos electrónicos, tales como GPS de doble frecuencia y GPS RTK. En el **anexo 2** del presente informe se encuentra la información correspondiente a los certificados de calibración y especificaciones de los equipos respectivamente. Adicional, en la **Tabla 17** se consignan algunas especificaciones de los equipos empleados en el presente estudio.

Equipo	Marca	Serie/Modelo	Precisión		Alcance
GPS RTK	CHCX91	954881 971193	±(8mm+1ppmRsm) Horizontal	± (15mm+1ppmRsm) vertical	15 km
DRONE	Autel EVO 2 Pro RTK	3269	Horizontal ： ± 0,1 m	Vertical ： ± 0,1 m	FCC : 9 km

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Relación de equipos utilizados

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Estudio topográfico y vuelo fotogramétrico tuvo como finalidad en el municipio de Montería, ubicado en departamento de Córdoba.

- ✓ La georreferenciación se realizó partiendo desde las antenas permanentes de la red activa y vértices de la red pasiva del IGAC. Generando archivos crudos solo reproducibles más no imprimibles, ver **anexo 1.**

- ✓ Para el proceso de georreferenciación, se utilizaron equipos GPS de doble frecuencia y equipos GPS RTK, ver **anexo 2.**

- ✓ El post proceso GPS, se realizó haciendo uso del software Leica Geo Office donde se pudieron ajustar los vértices materializados, ver **anexo 3.**

- ✓ La asignación de coordenadas y alturas sobre el nivel del mar se realizó aplicando las metodologías estandarizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

- ✓ Se materializaron dos vértices en el proyecto durante el proceso de georreferenciación los cuales (las coordenadas) se trasladaron a época certificada por el IGAC, ver **anexo 4.**

- ✓ Durante el trabajo de campo, se materializo una poligonal abierta de control desde la cual se realizó el levantamiento topográfico y colección de datos, ver **anexo 5.**

- ✓ El levantamiento topográfico se realizó por medio de equipos GPS RTK, generando una cartera de coordenadas donde se consignan los diferentes atributos medidos en campo, ver **anexo 6.**

- ✓ Como evidencia del trabajo realizado, se genera un registro fotográfico que soporta y evidencia el uso de equipos y personal para el trabajo desarrollado en la zona del proyecto, ver **anexo 8.**

- ✓ Se recomienda conservar el sistema de coordenadas utilizado por esta consultoría, referencia Magna Sirgas, Datum WGS84, Origen Occidental, coordenadas planas Gauss Kruger

- ✓ Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo del proyecto verificar los vértices coordenados materializados con el fin de garantizar que los puntos no han sido movidos.

- ✓ En caso de no encontrar los vértices materializados durante la etapa de ejecución, se recomienda emplear la misma metodología y las mismas antenas y vértices de la red activa y pasiva respectivamente con el fin de no alterar el sistema de coordenadas y elevaciones definido por esta consultoría.

- ✓ Durante la generación del ortomosaico se emplearon 153 fotografías que obedecen al plan de vuelo, puntos de control terrestre (**anexo 9)**; insumos o materiales que fueron post procesados en el software Agisoft y que entregó como resultado una nube de puntos, DSM, ortomosaico, DEM y DTM (**anexo 11)**, ver **ilustraciones 20, 21.**

- ✓ El grado de precisión obtenido mediante el post proceso del plan de vuelo según el error medio cuadrático (RMSE) corresponde a una escala de 1:1000 y el grado de precisión en función del valor por pixel en relación de la distancia de muestreo del suelo (GSD) fue igual a una escala de 1:190, ver **anexo 10.**

10 BIBLIOGRAFIA

IGAC. (1997). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALTURAS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR UTILIZANDO EL SISTEMA GPS. Obtenido de: https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/obtencion_de_alturas.pdf

IGAC. (2018). RESOLUCIÓN No. 715 DEL 2018. POR MEDIO D ELA CUAL SE ACTUALIZA EL MARCO GEOCÉNTRICO NACIONAL DE REFERENCIA: MAGNA SIRGAS. Obtenido de: https://igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/normograma/resolucon_igac_715-18_actualiza_el_marco_geocentrico_nacional_de_referencia.pdf

IGAC. (2018). RESOLUCIÓN No. 643 DEL 2018. POR LA CUAL SE ADOPTAN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO PARA LAS ACTIVIDADES DE BARRIDO PREDIAL MASIVO Y LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO PARA CASOS PUNTUALES. Obtenido de: https://igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/normograma/resolucion_igac_643-18_adopta_especificaciones_tecnicas_levantamientos_planimetricos_y_topograficos_0.pdf

IGAC. (junio de 2020). ABC Nueva proyección cartográfica para Colombia. Obtenido de: https://origen.igac.gov.co/docs/ABC_Nueva_Proyeccion_Cartografica_Colombia.pdf

IGAC. (agosto de 2023). IGAC. Obtenido de IGAC: https://origen.igac.gov.co/

IGAC. (agosto de 2023). MAGNA SIRGAS. Obtenido de IGAC: https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/magna-sirgas

18277

Servicios de ingeniería civil
Laboratorio topográfico.
NIT 901224871-9

Mantenimiento ( )	Reparación ( )	Verificacion ( )	Garantía ( )
Cliente**:** ***SERTET*** C.C/Nit: ***900500192-6*** Dirección: ***Montería - Córdoba***		CERTIFICADO No*:* ***GN2202*** EQUIPO: CHC I50 NUMERO DE SERIE: M3 3237760	

Fecha de Verificacion	*02-06-2024*
Fecha de próxima calibración	*02-12-2025*

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL FABRICANTE

CINEMATICA EN TIEMPO REAL (RTK)		*Horizontal: 10 mm + 1 ppm* *Vertical: 15 mm + 1 ppm RMS* *Tiempo de inicialización: normalmente <10 s* *Fiabilidad de inicialización: normalmente> 99,9%*
NUMERO DE CANALES	*624*	GPS: L1, L2, L5 GLONASS: L1, L2 Beidou: B1, B2, B3 Galileo: E1, E5A, E5B SBAS: L1 QZSS: L1, L2, L5
POST PROCESAMIENTO ESTÁTICO		Horizontal: 3 mm + 0,5 ppm RMS Vertical: 5 mm + 0,5 ppm RMS

	CORRECCION	*VERIFICACION*	*REPARACION*	*REPUESTOS*	*FUNCION*
LIMPIEZA EXTERIOR	X				
RECEPCION SATELITES		X			X
FUNCIONAMIENTO		X			X
ACTUALIZACION FIRMWARE					
ACTUALIZACION SOFTWARE					
CALIBRACION IMU		X			

Servicios de ingeniería civil
Laboratorio topográfico.
NIT 901224871-9



Antenna Calibrations

National Geodetic Survey

NGS Home | About NGS | Data & Imagery | Tools | Surveys | Science & Education | Search

Browse Antenna Information by Company Brand and Model ▾ Access Calibrations for All Antennas ▾ Help Links ▾

Shanghai HuaCe Navigation Technology Ltd.

Individual calibrations for Antenna Types (Antenna Code + Radome Code) with images and orientation definitions.

NOTE:

Expand an ARP or NRP abbreviation, by hovering the mouse cursor over the 3-letter code. On a mobile device follow link at top of column.

Antenna Code	Radome Code	Images	Calibrations	Description	Date Calibrated	ARP	NRP
CHCI50	NONE	Drawing Label Side Top	ANTEX ANTINFO	CHC Nav i50, PN 1150322155145, MMI->N	04-MAR-19	BAM	MMI

CERTIFICADO:

VERTEX ING.PH SAS: Certifica que:

El instrumento se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento y se recomienda que el operador realice los chequeos de campo rutinarios antes de realizar el trabajo.

Notas:

1. *VERTEX ING. PH SAS*, no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado del instrumento verificado.
2. El cliente es responsable del transporte del instrumento adecuadamente y del uso del certificado.
3. el certificado se expide como evidencia del momento y condiciones en que se realizaron los trabajos.

JEFE DE LABORATORIO	*TECNICO LABORATORIO*	*FECHA DE EMISION*
ING NICOLAS HERNANDEZ *MP 25202-372822*	*JONATHAN LOPEZ*	*02-06-2023*

ANEXO No. 5
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL PUENTE SOBRE RÍO SINÚ

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

Contrato No. 1550 de 2021
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL TERCER PUENTE SOBRE EL RÍO SINÚ, MONTERÍA, CÓRDOBA

GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA Y GEOTÉCNIA

HITO I: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL TERCER PUENTE SOBRE EL RÍO SINÚ

INFORME DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

EDICION 1

CONSORCIO PUENTE SINU FIA

Agosto de 2022

CONSORCIO PUENTE SINU FIA	GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA Y GEOTÉCNIA	Fecha: 30-03-2022

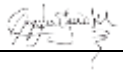
PS-CD-02

CONTROL DE EDICIÓN, MODIFICACIÓN Y COPIAS

PARTE A

CONTROL DE EDICIÓN

Nombre del documento: GEOLOGÍA PARA INGENIERIA

RESPONSABLES/VERSION	0	1	2	3	4
ELABORACIÓN NOMBRE:	Geólogo Manuel Parra	Geólogo Manuel Parra			
FECHA:	30/03/2022	02/08/2022			
FIRMA:					
REVISIÓN NOMBRE:	Ing. Jorge Fandiño				
FECHA:	30/03/2022				
FIRMA:					
APROBACIÓN NOMBRE:					
FECHA:					
FIRMA:					

PARTE B

CONTROL DE MODIFICACIONES

EDICIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA	MODIFICACIÓN (NATURALEZA DEL CAMBIO)	OBSERVACIONES Responsable
0		30/03/2022	Emitido para revisión.	
1		02/08/2022		

PARTE C

DISTRIBUCIÓN Y CONTROL DE COPIAS

Nombre del documento: INFORME GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA Y GEOTÉCNIA

EDICIÓN	No. COPIA	ENTREGADA A:	FECHA	APROBADO	RECIBIDO
0	ORIGINAL	CONSORCIO PUENTE SINU FIA	30/03/2022		

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCION 5
2 OBJETIVO Y ALCANCES 5
3 LOCALIZACION DEL PROYECTO 7
4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 8
5 METODOLOGIA 10
6 ESTUDIO DE ANTECEDENTES 11
6.1 CLIMA Y RELIEVE 11
7 MARCO GEOLÓGICO 12
7.1 ESTRATIGRAFÍA 13
7.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 17
7.3 GEOMORFOLOGÍA 19
7.4 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLOGICA DEL RIO SINÚ – SECTOR MONTERÍA 20
7.5 AMENAZAS GEOLOGICAS 23
8 HIDROLOGIA 27
9 ANÁLISIS MORFODINÁMICO PARA EL ÁREA DEL TERCER PUENTE MONTERIA 31
9.1 MARCO GEOLOGICO 32
9.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS 33
9.3 ANÁLISIS MULTITEMPORAL 35
10 FUENTES DE MATERIALES 46
10.1 DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE MATERIALES 47
11 CONCLUSIONES 52
12 BIBLIOGRAFIA 54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Proyecto..... 6
Figura 2. Zona del Proyecto..... 7
Figura 3. Intersección Calle 15 con Carrera 3W..... 8
Figura 4. Intersección Avenida 3 con Calle 6 8
Figura 5 Geología Regional Rio Sinú- Montería..... 13
Figura 6. Formación San Cayetano..... 14
Figura 7. Depósitos aluviales Qal 15
Figura 8. Sección geológica transversal..... 17
Figura 9. Morfología meándrica del Rio Sinú..... 19
Figura 10. Caracterización geomorfológica del Rio Sinú 20
Figura 11. Plano o llanura de inundación..... 21
Figura 12. La margen izquierda del Rio Sinú..... 22
Figura 13. La margen derecha del Rio Sinú..... 22
Figura 14. Mapa de amenaza sísmica de Colombia..... 24
Figura 15. Mapa de aceleraciones pico..... .25
Figura 16. Hidrografía de la cuenca baja del Rio Sinú..... 28
Figura 17. Marco geológico del área del Tercer Puente -Montería..... 33
Figura 18. Unidades geomorfológicas área tercer puente..... 34
Figura 19. Aerofotografía 1945..... 38
Figura 20. Aerofotografía 1952..... 38
Figura 21. Aerofotografía 1959..... 38
Figura 22. Aerofotografía 1981..... 38
Figura 23. Aerofotografía 1985..... 38
Figura 24. Aerofotografía 2004..... 38
Figura 25. Fotografía 2019..... 40
Figura 26. Socavación orilla izquierda del Rio Sinú..... 41
Figura 27. Área construcción estribos, lado izquierdo..... 41
Figura 28. Área construcción estribos, lado derecho..... 42
Figura 29. Perfil geológico-geomorfológico..... 43
Figura 30. Levantamiento topográfico margen izquierda..... 43
Figura 31. Levantamiento topográfico margen izquierda..... 43
Figura 32. Levantamiento topográfico margen derecha..... 44
Figura 33. Levantamiento topográfico orilla derecha..... 44
Figura 34. Socavación del rio Sinú cerca de la carrera 3W..... 45
Figura 35. Socavación del rio Sinú cerca de la carrera 3W..... 45
Figura 36. Barrera viva 46
Figura 37. Deterioro de la margen izquierda del rio..... 47
Figura 38. Cantera Las Balsas..... 48
Figura 39. Cantera Las Balsas..... 48
Figura 40. Cantera Bismark..... 49
Figura 41. Cantera Bismark..... 49

Figura 42. Cantera Loma Grande..... 49
Figura 43. Cantera Loma Grande..... 49
Figura 44. Cantera Villa Carmen..... 50
Figura 45. Cantera Villa Carmen..... 50
Figura 46. Acopio de materiales a orillas del Rio Sinú 50
Figura 47. Acopio de materiales a orillas del Rio Sinú..... 50
Figura 48. Acopio de materiales a orillas del Rio Sinú..... 51
Figura 49. Acopio de materiales a orillas del Rio Sinú..... 51
Figura 50. Planta de Concretos del Sinú S.A.S..... 51
Figura 51. Planta de Concretos del Sinú S.A.S..... 51

1 INTRODUCCION

Este documento es presentado en cumplimiento de los compromisos para la ejecución del Contrato de Consultoría cuyo objeto son los **ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ Y SUS ACCESOS**, en la CIUDAD DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.

Este documento contiene la evaluación de la geología y geomorfología del área de influencia del tercer puente sobre el Rio Sinú y sus accesos, el cual está orientado a aportar elementos para los estudios de ingeniería y geotecnia. Este análisis fue ejecutado con información del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (antiguo INGEOMINAS), entidad que a nivel nacional es la encargada de adelantar los estudios de Geología y del IGAC, instituto encargado de la mapificación de Colombia.

2 OBJETIVO Y ALCANCES

El objetivo del presente documento es la definición de las características geológicas y geomorfológicas en el área de influencia del puente proyectado y sus accesos para los Estudios de Geología para Ingeniería y Geotecnia del presente contrato, el cual tiene como alcance realizar los **ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL TERCER PUENTE SOBRE EL RÍO SINÚ, MONTERÍA, CÓRDOBA.**

El objetivo o propósito del estudio de geología para ingeniería y geotecnia es el de es adelantar la geología de detalle, exploración, análisis y definición de los elementos estructurales (cimentación) para transmitir las cargas al subsuelo de soporte de manera segura y estable

El presente documento presentará la geología y geomorfología regional donde se establece la sectorización geológica por zonas homogéneas que permita establecer la caracterización general del área de influencia del puente, su litología y propiedades mecánicas. Además, se integra con las investigaciones geotécnicas del subsuelo que son complemento para los estudios y diseños del puente.

El alcance del presente informe es la de presentar un complemento al primer informe para el proyecto "**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL TERCER PUENTE SOBRE EL RÍO SINÚ, MONTERÍA, CÓRDOBA"** y que incluye los estudios y diseños para el tercer puente sobre el río Sinú y sus accesos a Nivel de Fase III Contratación, con una longitud aproximada de 380m de súper estructura (sin limitarse a esta) y 60 m a cada lado (sin limitarse a esta), correspondiente a los accesos.

El tercer puente sobre el rio Sinú se proyecta en el noroccidente de ciudad de Montería, Departamento de Córdoba. Conectando la Carrera 3W con calle 15 (sobre pasando en rio Sinú) con la Avenida 1 con calle 6.

Dentro de los objetivos y alcances se compiló información referente a la geología, geomorfología regional, planos topográficos y fotografías aéreas disponibles y publicadas en el IGAC en diferentes épocas y escalas, imágenes de Google earth. Y como actividades de campo, se realizó una visita al área de interés y sus alrededores, complementada con las investigaciones geotécnicas “in situ” y de laboratorio y la batimetría.

3 LOCALIZACION DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Córdoba, corresponde a la ciudad de Montería, ubicada en la costa norte colombiana, dividida en dos márgenes por el Río Sinú, con un total de 207 barrios en su zona urbana, caracterizada por ser una de las ciudades de mayor desarrollo en el país.

El tercer puente sobre el rio Sinú se proyecta en el noroccidente de ciudad de Montería, Departamento de Córdoba. Conectando la Carrera 3W con calle 15 (sobre pasando en rio Sinú) con la Avenida 1 con calle 6.

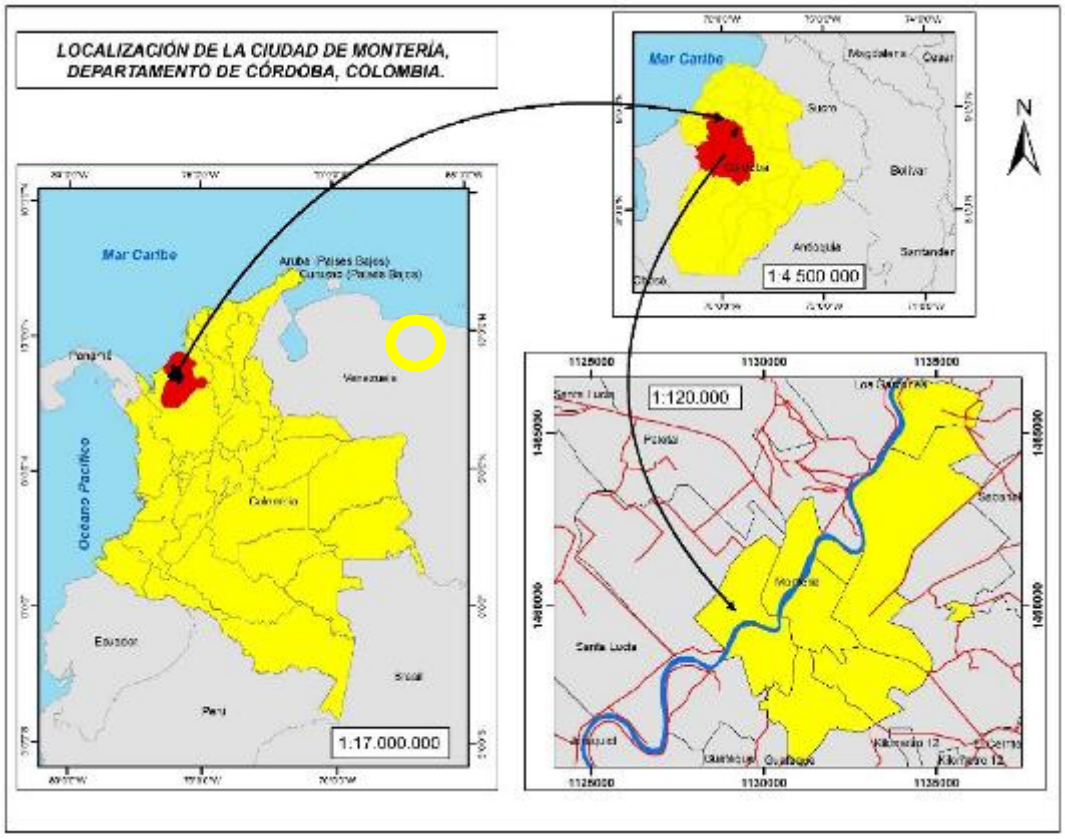


Figura 1 Localización del proyecto

Fuente: Consultoría

4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ

La implantación del diseño para la construcción del tercer puente se ha tenido en cuenta las consideraciones del Alcance Técnico del contrato, donde se considera proyectar la Calle 15 con carrera 3W, con la Avenida Primera con Calle 6.

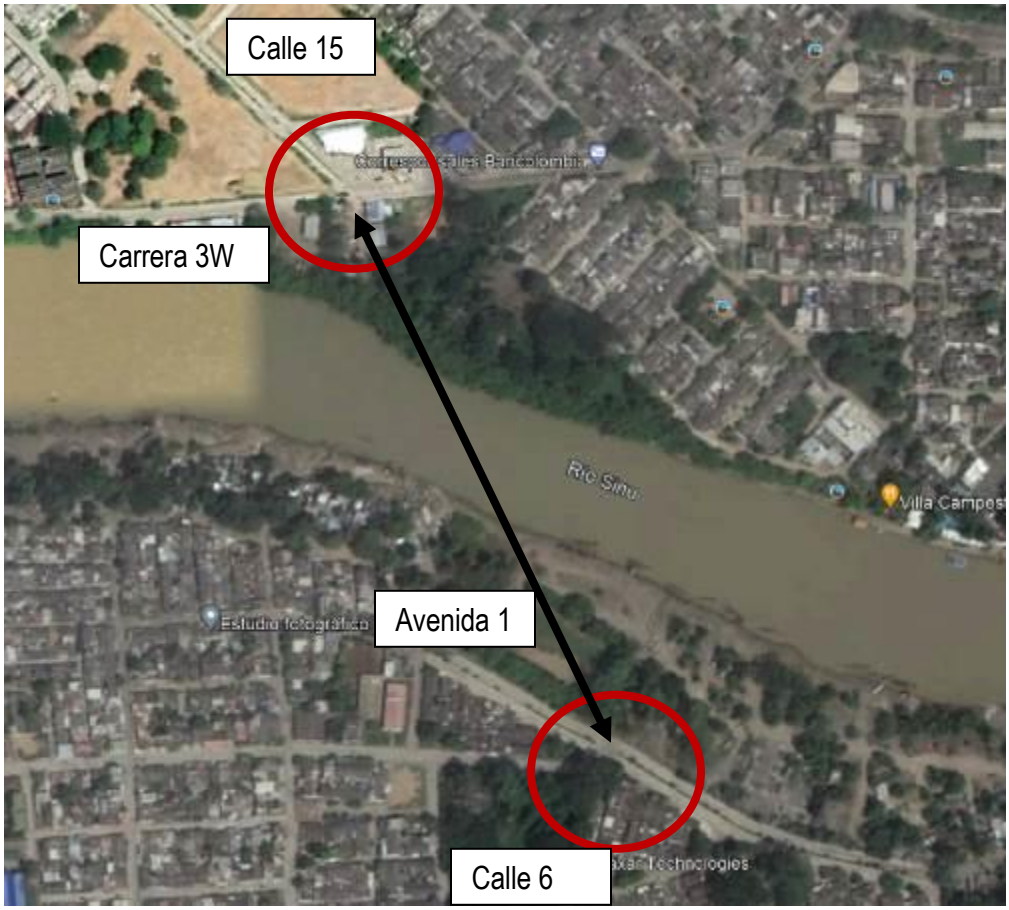


Figura 2. Zona del proyecto

Fuente: Consultoría



Figura 3. Intersección Calle 15 con Carrera 3W. Margen izquierda del Rio Sinú.
Fuente: Consultoría



Figura 4. Intersección Avenida 1 con Calle 6. Margen derecha del Rio Sinú.
Fuente: Consultoría

5 METODOLOGIA

Para la elaboración del presente informe, como complemento para los estudios y diseños del puente, se tuvo en cuenta, la guía y metodología a seguir de acuerdo con las especificaciones INVIAS Fase III y los objetivos y alcances del contrato, dando alcance a las siguientes actividades:

5.1 Información básica preliminar a los estudios de campo en detalle de la zona de estudio, aguas arriba y aguas abajo teniendo como referencia central la carrera 3W con calle 20 del rio Sinú.

- Búsqueda y evaluación de la información geológica, geomorfológica, sísmica existente en el Servicio Geológico Nacional (antiguo INGEOMINAS), fotografías aéreas de diferentes épocas publicadas y disponibles en el IGAC, así como los planos topográficos a escala 1:25.000.

- Con base en la información existente y evaluada, se hizo un recorrido de campo identificando a nivel regional las unidades geológicas, geomorfológicas y las posibles zonas homogéneas; morfología del Rio Sinú, afluentes principales, y posibles zonas de movimiento en masa. Se hizo un mayor detalle en el sitio del puente proyectado, de las características geológicas, geomorfológicas, morfología del drenaje encole y descole.

- Con las fotografías aéreas de diferentes épocas se hace una comparación de la morfología del Rio Sinú verificando las zonas de mayor amplitud para determinar las variaciones morfológicas del rio.

5.2 Estudios de campo en detalle para los estudios y diseños para el tercer puente sobre el Rio Sinú, Montería, Córdoba.

- Con el recorrido de campo, se verifica la geología y la morfología de los sitios del ponteadero y del alineamiento seleccionado, en donde se incluya descripción del tipo de roca o suelos, perfil de meteorización, fotografías referenciadas con coordenadas y el kilómetro del corredor.
- Geomorfología en detalle del área de influencia del puente.
- Identificación de zonas homogéneas por litología, geología, geomorfología, y geología para ingeniería.
- Identificación de procesos morfodinámicos.

Con base en la exploración geotécnica, las fotografías aéreas y los datos obtenidos en la geología de campo, se elaborarán perfiles geológicos geotécnicos longitudinales por zonas homogéneas. Elaboración de mapas o planos geológicos y geomorfológicos a la escala apropiada. Se dará alcance de Acuerdo con los términos de la licitación.

5.3 Estudio de Fuentes de Materiales

Para el estudio de fuentes de materiales que sean aptos para la construcción del Puente sobre el Rio Sinú, así como para las obras mayores, muros, puentes, alcantarillas entre otras obras, se hará un inventario de las fuentes activas o canteras en explotación y, que reúnan todas las condiciones exigidas por especificaciones INVÍAS. Se analizarán las fuentes de materiales ya existentes, así como plantas de suministro de materiales.

5.4 Selección de sitios de disposición de materiales provenientes de las excavaciones

Se identificarán los sitios para la disposición de materiales proveniente de las excavaciones y que no afecten el medio biótico o fuentes hídricas, es decir, que se ajusten a las condiciones ambientales exigidas por la entidad competente. Los sitios seleccionados deberán ser aquellos que no acarreen largas distancias.

5.5 Elaboración de informes

Para la elaboración de los informes se dará alcance de acuerdo con los capítulos exigidos por las normas INVIAS - VOLUMEN ESTUDIO DE GEOLOGIA, así como las conclusiones y recomendaciones.

6 ESTUDIO DE ANTECEDENTES

A continuación, se realiza una síntesis de las características de la zona de estudio basados en el análisis de la información disponible sobre los aspectos relacionados con la geología regional y estructural, clima y relieve, erosión y riesgo sísmico.

6.1 CLIMA Y RELIEVE

El Departamento de Córdoba presenta una zona plana y otra montañosa. La primera constituye el 70% de la extensión total del departamento y comprende los valles de los ríos Sinú y San Jorge, las sabanas y el litoral. La zona montañosa se encuentra al sur, conformada por las serranías de Abibe, San Jerónimo y Ayapel, donde termina la Cordillera Occidental.[1]

[1] DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA. Consultado en Cordoba.gov.co, 28 marzo 2022

La topografía del Municipio de Montería es básicamente plana, con algunas elevaciones de menor importancia. La parte occidental de la ciudad está surcada por la serranía de Las Palomas. El clima de la ciudad de Montería es cálido tropical con una estación de sequía y una de lluvias a lo largo del año. La temperatura promedio anual de la ciudad es de 28 °C con picos superiores a 40 °C en temporada canicular. La humedad relativa promedio es de 78%.[2]

7 MARCO GEOLÓGICO

El Departamento de Córdoba localizado en la región Caribe, se caracteriza por presentar dos grandes regiones geomorfológicas: **La región geomorfológica plana**, con alturas menores de 100 m.s.n.m., conformada por los valles aluviales de los ríos Sinú, San Jorge y zona costera septentrional; y otra **región geomorfológica montañosa** conformada por colinas constituidas por las estribaciones septentrionales de la Cordillera Occidental.[3]

Las unidades de roca hacen parte de los cinturones terciarios del noroccidente colombiano, de la terminación septentrional de la Cordillera Andina centro-occidental y de la Cuenca de Urabá; su evolución estuvo controlada tanto por los diferentes ciclos sedimentológicos como por sus estilos estructurales, imprimiéndole a cada uno de ellos características diferentes, siendo posible separarlos en dos grandes grupos, los cinturones Sinú y San Jacínto.[3]

El área del proyecto se encuentra en la región de geomorfología plana, en el denominado Corredor de San Jacinto.

[2] MUNICIPIO DE MONTERÍA. Consultado en Monteria.gov.co, 28 marzo 2022.

[3] INGEOMINAS. Mapa Geológico del Departamento de Córdoba. 1998. Memoria Explicativa. Escala 1:250.000

7.1 ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía del Rio Sinú - Montería es tomada de la Memoria Explicativa “Geología de los cinturones Sinú – San Jacinto. Planchas 50 Puerto Escondido, 51 Lorica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbaco, 80 Tierralta”, publicado por el SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL en el año 2003. Escala 1:100.000. (Figura 5)

7.1.1 Formación San Cayetano – Pgsc.

La unidad Pgsc está constituida por secuencias rítmicas de arenitas finogranulares y lutitas o por secuencias de arenitas conglomeráticas a ligeramente conglomeráticas en capas gruesas a muy gruesas de aspecto macizo, que varían tanto lateral como verticalmente a capas delgadas a muy gruesas de arenitas y lutitas, en típicas secuencias granodecrecientes. Las arenitas conglomeráticas a ligeramente conglomeráticas son de color gris amarillento claro en roca fresca, a pardo amarillento en muestra meteorizada; de grano mediano a muy grueso y guijos, angulares a subredondeados. Compuestas por: cuarzo, fragmentos de sedimentitas predominantes sobre fragmentos de vulcanitas y metamorfitas, con abundantes micas e intraclastos de lutitas verdosas; localmente se hallaron fragmentos de carbón y restos de materia orgánica carbonosa.[4]

Las arenitas presentes son de color amarillo grisáceo a amarillo pardo, de grano fino a mediano predominante sobre grueso; subangular a subredondeado, de composición similar a la descrita para las arenitas conglomeráticas, y se destaca la disposición de abundante mica en superficies de estratificación.[4]

Las lutitas son de color verde oliva grisáceo a gris medio o negro, y desarrolla frecuentemente laminación horizontal y presenta localmente abundantes restos vegetales o láminas carbonosas.

A la base de capas de arenitas conglomeráticas o ligeramente conglomeráticas se desarrollan superficies de limado, superficies acanaladas y calcos de carga.

Algunas intercalaciones de capas delgadas a medianas de arenitas y lutitas ocurren de manera rítmica y a menudo presentan ondulitas, marcas de corriente, bioturbación y laminación horizontal. Además de esto, se observó estratificación gradada normal e inversa, derrumbamiento y estratificación ondulosa lenticular. Un hecho notable es la presencia de olistostromas arenosos que se interponen en las secuencias rítmicas.[4]

[4] SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Geología de los Cinturones Sinú – San Jacinto. 2003. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000.

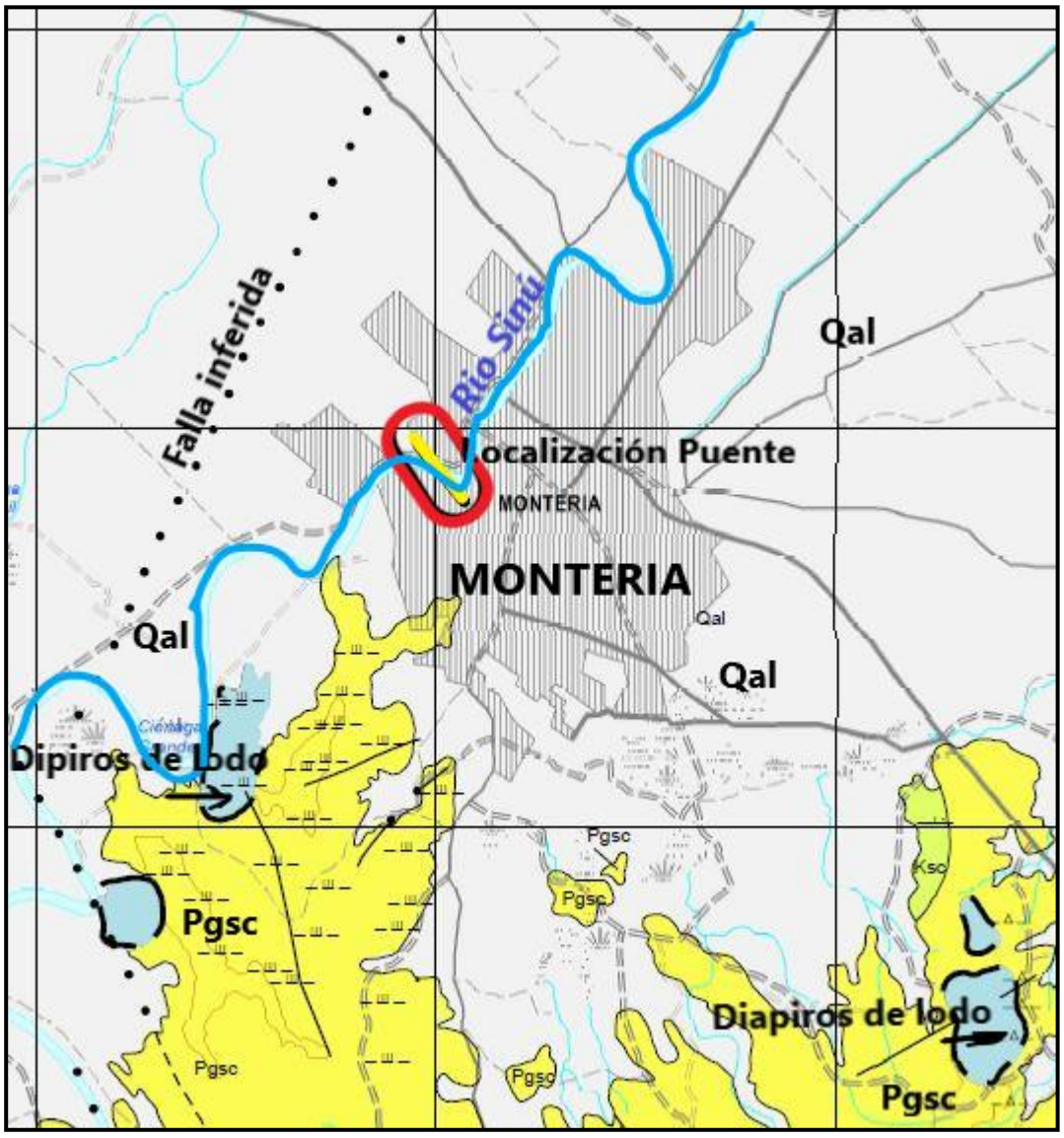


Figura 5. Geología Regional Rio Sinú- Montería

UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
Pgsc - Formación San Cayetano
Qt - Terrazas aluviales
Qal – Depósitos aluviales
Diapiros de lodo – estructuras dómicas

Tomado parcialmente de INGEOMINAS, 1999.
GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 61 MONTERÍA
Escala no controlada

Se ha denominado Subunidad Inferior, a aquella porción de la secuencia observada donde se presentan arenitas conglomeráticas a arenitas en un porcentaje aproximado del 60% a 70% y lutitas en un 30% a 40%. Ocurren preferencialmente en la porción media inferior. [4]

La Subunidad Superior se caracteriza por presentar predominantemente arenitas finogranulares en un porcentaje aproximado de 40% a 50%, en tanto que las lutitas se presentan en un 50% a 60%. Generalmente ocurre en la poción media superior de la unidad estratigráfica Pgsc, y se dispone en algunos núcleos de estructuras sinclinales. [4]

En los afloramientos que se observan en el sur de Montería, los estratos que conforman la Formación San Cayetano de litología arenosa, las arenitas conglomeráticas a ligeramente conglomeráticas son de color gris amarillento claro en roca fresca, a pardo amarillento en muestra meteorizada se exponen en estratos de formas tabulares, con ángulos de inclinación altos entre 40 y 60° de inclinación. (Figura 6)



Figura 6. Cerros alomados constituidos por estratos de areniscas de formas tabulares de la Formación San Cayetano, se exponen al sur de Montería.

Fuente: El Consultor.

7.1.2 Formación Cansona – Ksc

Secuencia de chert y limolitas silíceas, intercaladas con lutitas y ocasionalmente capas de micritas y arenitas. Hacia la base, diabasas aparentemente interpuestas con los chert, también diques y silos máficos. [4]

7.1.3 Terrazas aluviales- Qt

Unidad conformada por los depósitos aluviales antiguos principalmente de los ríos Sinú y San Jorge y algunos de sus afluentes.[4]

Los niveles de terrazas en la cuenca del Río Sinú se encuentran localizados principalmente hacia su parte alta en los sectores de Puerto Pacheco, Tierralta y a lo largo del Rio Verde donde son más notorias por su expresión morfológica.[4]

7.1.4 Depósitos aluviales – Qal

Unidad constituida por los aluviones, llanuras de inundación y sedimentos de los ríos Sinú, San Jorge, Canalete y algunos de sus tributarios. Los ríos Sinú y San Jorge se caracterizan por formar en su recorrido valles aluviales amplios, constituidos por depósitos que permiten desarrollar actividades agropecuarias. [4]

Entre los depósitos aluviales se puede diferenciar por su extensión y características el Depósito de Montería, el cual cubre una zona de gran extensión en los alrededores del Municipio de Montería. Forma zonas planas de gran amplitud donde se encuentran los principales asentamientos urbanos como las ciudades de Montería y Cereté y su infraestructura, aquí es posible observar zonas de canales y antiguos orillares.[4] (Figura 7)



Figura 7. Depósitos aluviales Qal de forma plana, al sur de Montería. La foto de la derecha corresponde a la Carrera 3 con Calle 15, de morfología plana y depósitos aluviales; al fondo se encuentra el Rio Sinú.

Fuente: Google maps – Consultor 2022.

7.1.5 Estructuras dómicas - Diapiros de lodo.

Las estructuras dómicas o diapiros de lodo, comúnmente llamados volcanes de lodo, en este sector de Colombia jugaron un papel muy importante en la conformación de las estructuras estudiadas. Su interpretación en las fotografías aéreas, su reconocimiento y verificación en el campo y su cartografía, es fundamental para la comprensión de la estratigrafía y estructura del área. Generalmente, estas geoformas son dómicas, semidómicas, o abombadas, desarrollan drenaje anular y radial, a veces deflectan cursos de agua y, en algunos casos, presentan cuerpos “exóticos” o alóctonos de rocas más antiguas que no han sido reconocidas en el área en su posición normal dentro de la sucesión estratigráfica.[4] (Figura 5)

En ciertos casos, la geoforma corresponde a un volcán de lodo, o a una zona de múltiples “ventanas” por donde continuamente mana lodo asociado con hidrocarburos. En los sitios donde ocurren estas geoformas, los estratos sufren abombamiento, arqueamiento, inversiones y cambios rápidos de rumbo, que crean complejidad estructural.

7.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de estudio se halla a continuación de la terminación septentrional de la Cordillera Occidental y al occidente del Lineamiento del Sinú, este último subparalelo a la prolongación norte del Sistema de Fallas Romeral. Este marco regional indica que el basamento del Cinturón de San Jacinto está constituido por rocas cretácicas pertenecientes a un complejo ofiolítico o a depósitos sedimentario-volcánicos (máficos), adosado a la Placa Continental Suramericana a lo largo de la "Sutura" de Romeral.[4] (Figura 8).

La región de la Cuenca Caribe corresponde al flanco SE, hoy cratonizado, de una cuenca cuya continuación hacia el NW se encuentra aún bajo un régimen marino. El eje principal de la cuenca se encuentra seguramente costa afuera (off-shore).[4]

El flanco se desarrolló dentro de un campo de esfuerzos orientados tangencialmente a la orientación de las fallas de rumbo; dicho campo parece haber rotado del NW al N, y producido la convergencia y la divergencia de las fallas de rumbo y consiguiente basculamiento (ups and downs) de los bloques que delimitan. El ambiente tectónico descrito, desarrollado simultáneamente con una subsidencia rápida, explicaría los frecuentes cambios laterales de facies observados.[4]

El límite NW de la cuenca coincide, o mejor, estaría controlado por la zona del choque o convergencia oblicua entre la placa Caribe y el fragmento de la misma parcialmente cratonizado y que hoy constituye el basamento de la Cuenca del Caribe.[4]

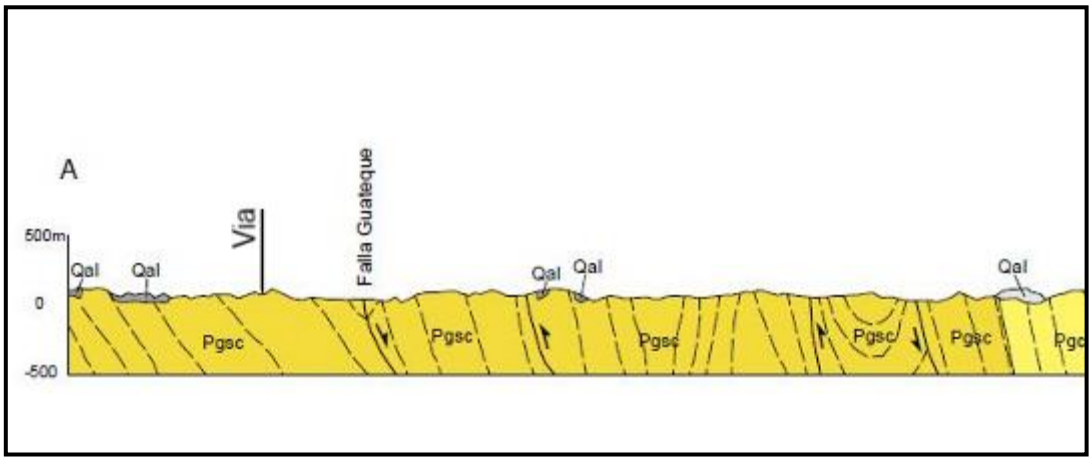


Figura 8. Sección geológica transversal

Tomado parcialmente de INGEOMINAS, 1999.
GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 61 MONTERÍA
Escala no controlada

En el municipio de Montería no se evidencias afectaciones del terreno por deformaciones estructurales de fallas y o plegamientos que puedan incidir en el comportamiento de las unidades de suelo superficiales, como son los movimientos en masa o deslizamientos activos. Tan solo se registra en el mapa geológico del Ingeominas la falla geológica de Guateque al oriente del corredor vial, la cual tiene un alineamiento en sentido Norte Sur de 8 kms de longitud y con plano de falla con vergencia al Oriente. Los ángulos de inclinación de la unidad geológica varían entre 40 y 60° de inclinación.

7.3 GEOMORFOLOGÍA

Entendiendo que la morfología se refiere a las formas relativas del paisaje y la geomorfología al estudio de las formas que da el paisaje, los procesos dinámicos externos son los inherentes a condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron las geoformas. Los procesos moderados a intensos de meteorización, erosión remoldean las unidades existentes dando a su vez nuevas geoformas por acumulación de sedimentos.

Las unidades presentes definen en cierta medida con exactitud cada uno de los ambientes morfogenéticos. Los estratos sedimentarios de la unidad terciaria Formación San Cayetano define un relieve de cerros alargados cóncavos, en tanto que, las unidades cuaternarias que son depósitos más recientes definen un relieve de ligeramente ondulado a llano.

Todas las unidades expuestas están representadas por un relieve definido por su litología, ambiente de formación, así como por las condiciones sedimentológicas y estructurales, fallas, pliegues, o por movimientos en masa superficiales, erosión y o reptación en laderas. También en cierta medida la construcción de la vía ha contribuido, a los cambios morfológicos originales, son los cambios antrópicos que remoldean el paisaje original.

El ambiente tipo denudacional está relacionado con las unidad geológica San Cayetano, caracterizado por lomeríos poco disectados a muy disectados de morfología alomada o colinada de relieve de moderadamente bajo a muy bajo. Hay presencia de lomas alargadas y elongadas con cimas redondeadas.

Los procesos morfodinámicos que podrían afectar el puente sobre el Rio Sinú serían principalmente los procesos erosivos por socavación de las orillas. No se observan procesos de movimientos de remoción en masa. El Rio Sinú es un rio sinuoso de características meándricas, en donde en la orillas cóncavas se producen procesos de erosión y en la orillas convexas procesos de sedimentación. (Figura 9)



Figura 9. Morfología meándrica del Rio Sinú en el sector del puente proyectado.

7.4 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLOGICA DEL RIO SINÚ – SECTOR MONTERÍA

La caracterización geomorfológica donde se ubica el tercer puente sobre el Rio Sinú es tomada de la "Memoria Técnica Explicativa del Mapa Geomorfológico Analítico aplicado a la Zonificación de amenaza por movimientos en masa escala Plancha 61-Montería, Departamento de Córdoba. Publicado por el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO y la UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE MEDELLÍN en el año 2016, escala 1:100.000.[5] (Figura 10)

Las unidades geomorfológicas están definidas con criterio genético, morfológico y morfométrico, en función de los procesos morfogenéticos específicos que las originan, además de tener en cuenta procesos modeladores del paisaje como la actividad tectónica e intervención del hombre.

[5] SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO – UNIVERSIDAD NACIONAL. 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. 2016.

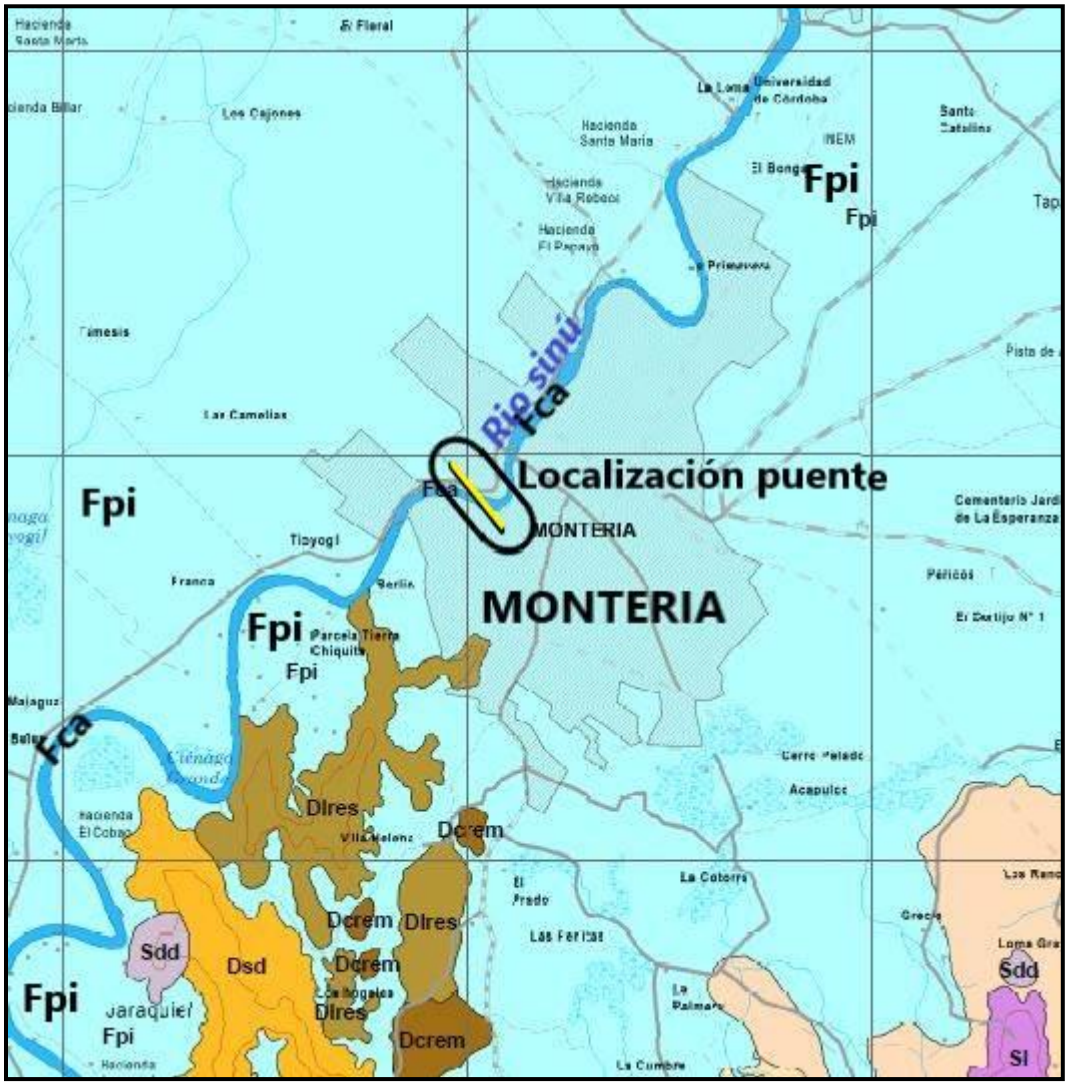


Figura 10. Caracterización geomorfológica del Rio Sinú – Sector Montería

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
Fpi - Plano o llanura de inundación
Fca – Cauce aluvial

Tomado parcialmente de SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO, 2015
Mapa Geomorfológico aplicado a movimientos en masa Plancha 61 Montería
Escala no controlada

7.4.1 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; 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.



Figura 11. Plano o llanura de inundación, sector Avenida 1 con calle 6ª, vista hacia el Rio Sinú de morfología plana.

Fuente: Google maps, 2022.

7.4.2 Cauce Aluvial (Fca)

Unidad geomorfológica de ambiente aluvial. Se incluyen las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales a las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámicas normal de las corrientes perennes, durante la época seca.

Esta unidad se restringe a ríos que fluyen en zonas planas o semiplanas, de la cuenca del Sinú. Son de forma meándrica. Los tipos de erosión predominante en esta unidad son de fondo y lateral. Los cauces aluviales están conformados por depósitos cuaternarios y barras longitudinales.



Figura 12. La margen izquierda del Rio Sinú produce fenómenos de inundación y socavación, para la protección de la orilla construyeron jarillones con enrocada.
Fuente: Google maps, 2022.



Figura 13. La margen derecha del Rio Sinú produce sedimentación. Los montículos de grava y arena que se observan en la foto son acopios de materiales granulares.
Fuente: Google maps, 2022.

7.5 AMENAZAS GEOLOGICAS

Toda el área del Departamento de Córdoba está expuesta a fenómenos geológicos e hidrológicos, cuya mayor problemática son las inundaciones, que en el pasado afectaron a la población, sus bienes y la infraestructura y que, lógicamente, se repetirán en el futuro, muy probablemente con pérdidas humanas y materiales mayores debido al incremento de

la población que habita la región, la construcción de más obras de infraestructura y la ampliación de las áreas intervenidas.

Para el SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO el término amenaza geológica involucra los agentes y grupos de condiciones o eventos de origen geológico e hidrológico, que tienen el potencial de causar daño, incluidos su génesis, magnitud, intensidad y frecuencia.

7.5.1 INUNDACIONES

El rio Sinú tiene una longitud de 410 km desde su nacimiento hasta su desembocadura en el mar Caribe en el sitio llamado Tinajones, jurisdicción del Municipio de San Bernardo del Viento. La cuenca del río es la hoya de 13.700km2, de los cuales 12.200 km2 se encuentran en el Departamento de Córdoba y el resto en el Departamento de Antioquia; la cuenca está formada por 16 municipios.[4]

El cambio en el uso del suelo, las prácticas agrícolas inadecuadas y la deforestación indiscriminada de las cuencas de los ríos y algunos caños con jerarquización de segundo orden en el Departamento de Córdoba, entre otras, al interactuar con los agentes atmosféricos, traen como consecuencia inmediata la erosión, la cual provoca el aporte de sedimentos al cauce principal de los ríos o caños mencionados, y reduce en forma sustancial la capacidad de albergar la cantidad de agua que en años anteriores eran capaces de almacenar y transportar.[4]

A la situación anteriormente anotada se le suma la falta de los adecuados planes municipales de ordenamiento y uso del suelo y la permisividad por parte de los diferentes entes estatales para que las comunidades ocupen los diques, los cauces de los caños y los playones de las ciénagas, sin mencionar la grave situación que provocan los terratenientes al construir terraplenes que circundan las ciénagas.[4]

Existen fenómenos incontrolables en las riberas de los ríos, como son los de la erosión, que se presenta en algunos sitios de las orillas de los ríos debido a la conformación geológica de los taludes, formados por sedimentos arcillosos y arcillo limosos provenientes del mismo río. La cohesión y la plasticidad es de media a alta, se convierten en deleznables al contacto con el agua, lo cual lo somete a fallas debido a las fluctuaciones rápidas del nivel de las aguas, causan inestabilidad del material, y provocan derrumbes por deslizamiento.[4]

7.5.2 AMENAZA SÍSMICA

Colombia está ubicada en una zona tectónicamente activa, por ser el límite donde chocan las placas de Nazca, Sur América y Caribe, los movimientos entre placas son generadores de esfuerzos que producen actividad sísmica y de acuerdo con el conocimiento que se tenga de tal actividad, se pueden realizar estudios de zonificación regional o local. En el

mapa de Zonas de Amenaza Sísmica en Colombia (AIS 2009)) (Figura 14), el Departamento de Córdoba, está ubicada en una zona de amenaza sísmica intermedia. [6]

Según el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (NSR-10), el Municipio de Montería, tienen una aceleración máxima del terreno para un periodo de retorno de 475 años (Aa) de 0.10, este factor afecta la zona de periodos de vibración cortos, es decir aquellos que son sensibles a la aceleración. Según estos valores, los municipios de Montería se considerada una Zona de Amenaza Sísmica INTERMEDIA.

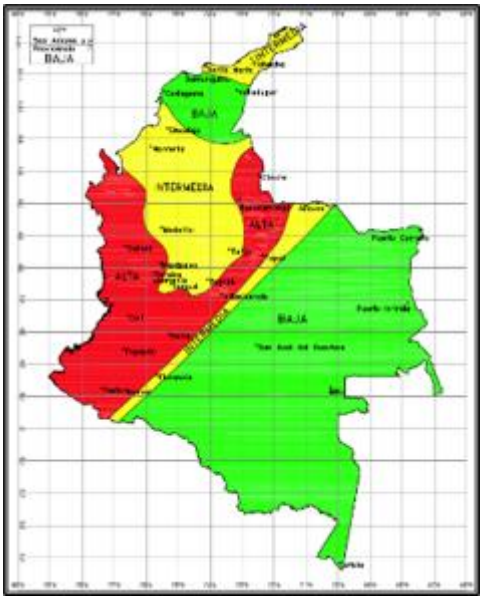


***Figura 14. Mapa de amenaza sísmica de Colombia*.**

En el estudio Modelo Nacional de Amenaza Sísmica para Colombia presentado en el 2018, se dice que comparativamente en Colombia, zonas en la costa atlántica, al norte de los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena y La Guajira tienen una menor amenaza. Para estas zonas se calculan aceleraciones menores a 0.1 g para un periodo de retorno de 475 (Figura 15). [7]

Según los estudios anteriormente mencionados, el Departamento de Córdoba, está ubicada en una zona de amenaza sísmica intermedia; para el área específica del proyecto la aceleración se estima entre 0.05 y 0.10 g, lo que no representa riesgo para las actividades del proyecto, por lo tanto, no se presentan estudios de mayor detalle.

[6] ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA – AIS (2009) Estudio general de Amenaza Sísmica de Colombia 2009.
[7] SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. FUNDACIÓN GLOBAL EARTHQUAKE MODEL. Modelo Nacional de Amenaza Sísmica para Colombia. 2018.

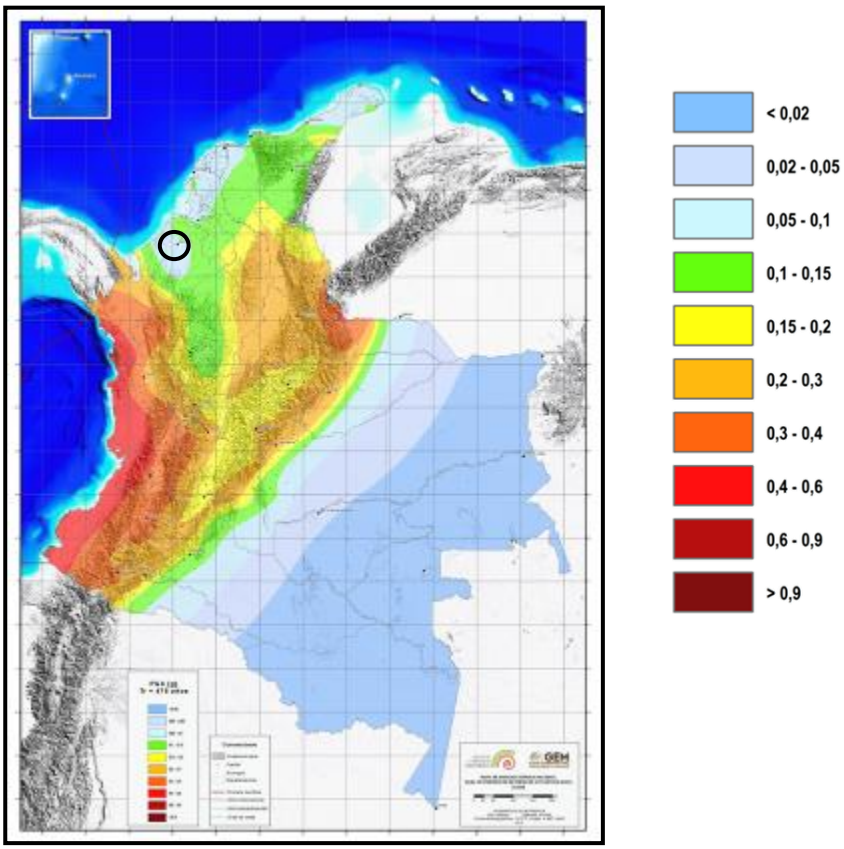


Figura 15. Mapa de aceleraciones pico. Periodo de retorno: 475 años.

○ Área del Proyecto.

8 HIDROLOGIA

La cuenca hidrográfica del río Sinú tiene un área estimada de 16.607.5 km2 El río tiene una longitud de 340 kilómetros; se diferencian dos zonas: el alto Sinú, posee un área de casi 5.000 km2, es una región montañosa que comprende las aguas arriba de la Angostura de Urra, y la región del Valle del Sinú, situada en un valle aluvial, que a su vez se divide en dos secciones: medio y bajo Sinú. [8]

El Rio Sinú nace en el Nudo de Paramillo a una altura de 3400 m.s.n.m. en la cordillera occidental colombiana, acompañado en su nacimiento por el río San Jorge. La parte alta del río se caracteriza por un régimen montañoso y de mayor pendiente, cobijado por el área protegida: Parque Nacional Natural Paramillo el cual permite una cuenca más virgen, aguas más claras y con menor contaminación a las encontradas aguas abajo por las actividades económicas de ganadería, agricultura y desechos urbanos.

La sección media del río Sinú se establece a partir de la central hidroeléctrica hasta mediados del centro poblado Nueva Colombia, donde la dinámica horizontal del cauce activo es mayor y de menor profundidad media.

Las condiciones para la parte baja del rio, presenta una mayor densidad de centros poblados a borde de la banca del cauce activo, con implicaciones sobre la gestión territorial del hidrosistema, como la contaminación directa por los centros poblados y la misma vulnerabilidad a la dinámica natural del río. San Bernardo del viento es la última población identificada sobre el cauce activo, asociada a la formación del delta.

8.1.1 Cuenca Media y Baja del Rio Sinú

A través de la cuenca media se identifican las poblaciones de Tierralta (la más grande e importante en el desarrollo del rio Sinú en la cuenca media), Rio Nuevo, Volador, Las Palomas y Tres Palmas asociadas sobre el borde de la banca del cauce activo, las cuales asumen y reciben las condiciones del hidrosistema a través de todo su régimen. Sin embargo, no son las únicas poblaciones que afectan de manera directa la cuenca media, destacando a Valencia como el centro poblado de mayor tamaño después de Tierralta.[8] (Figura 16).

Se evidencia un cambio en el patrón de la red hídrica finalizando la cuenca media del Río Sinú, caracterizada por la aparición del sistema cenagoso que se desarrolla en condiciones

[8]UNIVERSIDAD NACIONAL DECOLOMBIA. Geomorfología y Condiciones hidráulicas del Sistema Fluvial del Rio Sinú. Integración Multiescalar 1945-1999-2016.

de baja pendiente y una fuerte relación horizontal entre las aguas del cauce activo y estos sistemas de bajos y cunetas.

El inicio de la cuenca baja del Rio Sinú se encuentra bien representada por el marcado aumento y desarrollo del sistema o complejo de ciénagas, que en su patrón regional evidencian un comportamiento sedimentológico de formación.

La alta densidad de ciénagas y de sistemas de caños coincide con la mayor densidad de centros poblados asociados a las bancas directas del cauce activo, destacando como la más grande y la capital del departamento de Córdoba, la ciudad de Montería. A partir de esta misma, se localizan pequeños centros poblados con dependencia económica directa del hidrosistema fluvial y a su ciudad principal, este patrón permanece aguas abajo hasta encontrar el pueblo de Lorica, con tamaño considerable y punto de intercambio del sistema fluvial al sistema deltaico de sedimentación del rio Sinú. [8]

El patrón de drenaje regional puede pasar en algunas partes de la cuenca baja de paralelo en los extremos de la cuenca sedimentaria, a dendríticos y sinuosos sobre la formación de ciénagas que acompañan el cauce activo.

El movimiento vial a través de una densa red de caminos que aumentan a medida que recorremos de aguas arriba abajo, son las principales fuentes de comunicación, sin embargo, se destaca el uso fluvial del cauce activo del rio Sinú, como transporte privado de mercancía como productos de madera, ganadería local y minería artesanal de extracción de arena del lecho.

En la zona inferior de la cuenca, y durante la época de crecientes entre mayo y noviembre, el río alimenta un gran número de áreas bajas, ciénagas y pozas, que actúan como reguladores de caudal con un efecto de amortiguación de los picos de crecientes. Existen dos sistemas lagunares que se suceden y colindan, la ciénaga Grande y la ciénaga Betanci.

La cuenca del río Sinú tiene una posición geográfica privilegiada al salir directamente al mar Caribe y estar relativamente cerca al océano Pacífico. Es considerada una de las cuencas con mayor biodiversidad en el mundo por interrelacionar a lo largo de sus 340 kilómetros de longitud, a cuatro zonas de vida: páramos, bosques húmedos, bosques secos y ciénagas - manglares.

La cuenca alta, que se comparte con el departamento de Antioquia, representa el territorio ancestral de los indígenas Emberá Katios; territorio que hace parte de la gran ecorregión denominada Chocó-biogeográfico, en la que se conserva uno de los últimos relictos de bosque húmedo tropical del Caribe colombiano: el parque nacional natural Paramillo.[8]

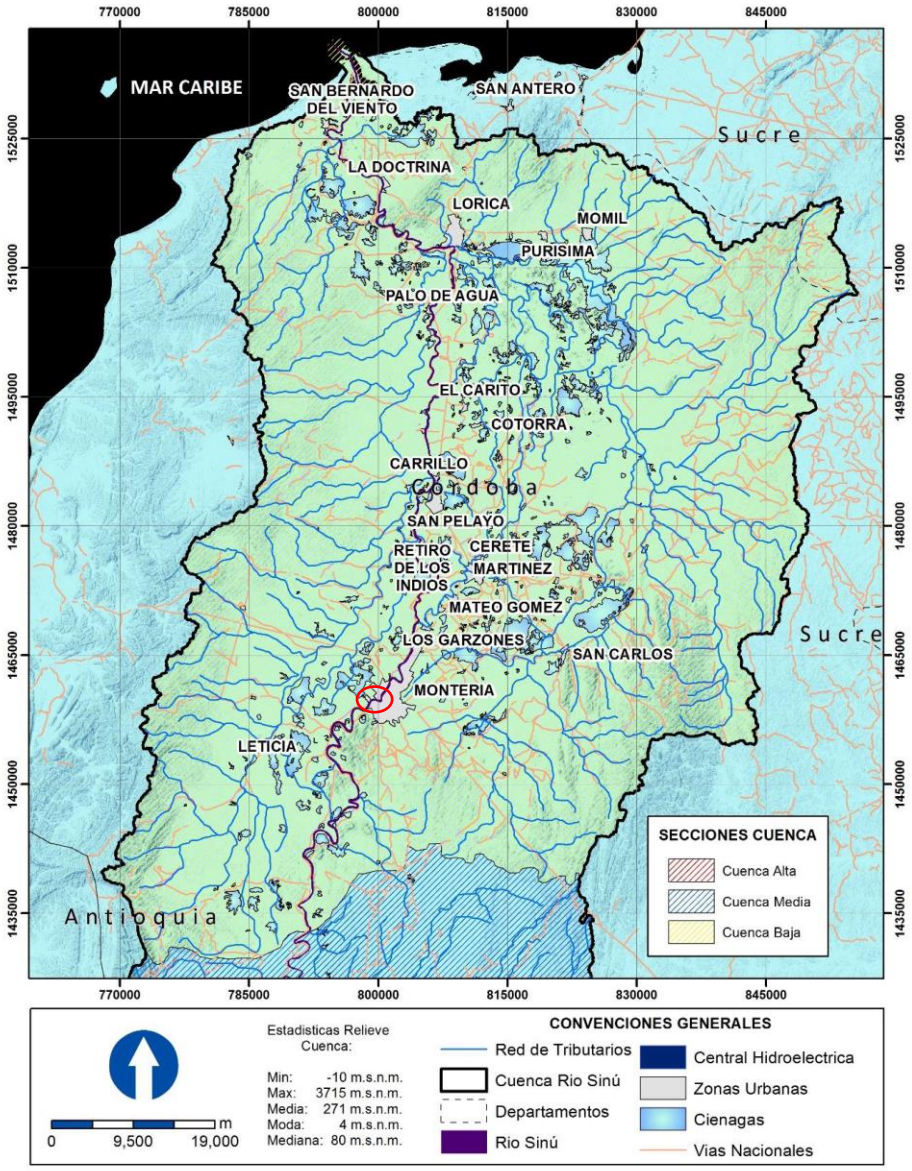


Figura 16. Hidrografía de la cuenca baja del Rio Sinú.

⬭ Área del proyecto

Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL DECOLOMBIA. Geomorfología y Condiciones hidráulicas del Sistema Fluvial del Rio Sinú. Integración Multiescalar 1945-1999-2016.

La ecorregión cuenca baja del río Sinú, alberga el 80% de las ciénagas naturales anexas al río, las que suman un área aproximada de 150.000 hectáreas, incluyendo un estuario de 16.000 hectáreas. En esta ecorregión se concentra cerca del 90% de las familias dedicadas a la pesca artesanal de toda la cuenca.

Los ecosistemas de humedales que hacen parte de esta ecorregión son muy diversos, encontrándose cuatro de los cinco grandes sistemas de humedales derivados de la definición oficial de la convención RAMSAR: estuarinos, marinos, fluviales y palustres. Estos humedales cumplen un papel sumamente importante en la regulación natural del cauce del río; acumulando los excesos de agua en época de lluvias y liberándola en época seca. Esta dinámica natural ha propiciado la coexistencia de una rica diversidad animal y vegetal, con una cultura autóctona llamada por algunos investigadores como “anfibia”.[8]

8.1.2 Condiciones Climáticas Generales

El rango anual de precipitación se encuentra entre los 52mm y 3195mm. Las zonas de más baja precipitación se localizan sobre la transición entre las cuencas media y baja y en el sector noroccidental de la cuenca baja cerca de su divisoria de aguas. Las condiciones de mayor precipitación se localizan sobre los puntos más altos y montañoso.[8]

El régimen en el total del área de influencia del rio Sinú y su cuenca alta es monomodal con el mayor periodo húmedo en la parte alta en los meses de junio, julio y agosto cerca a los 400mm mensuales. La cantidad de precipitación mensual multianual promedio disminuye a medida que se avanza por el cauce activo en dirección a su desembocadura. Se puede resaltar como el pico de máximas lluvias en el pico monomodal en Montería se encuentra marcado sobre el mes de mayo, asociado a una región de fuerte precipitación media mensual, actividad que puede atribuir los fuertes eventos de encharcamiento e inundaciones en esta región.

El rango de temperatura para el área oscila entre los 21.30 °C y 27.71 °C. Donde las menores temperaturas se asocian a la formación montañosa de la cuenca alta he inicio de la cuenca media. En la cuenca media ya se encuentran temperaturas que se presentan por el orden de los 27.17°C, con una clara tendencia a aumentar a medida que se pasa a la cuenca baja sobre el sistema cenagoso, llegando a los niveles superiores con 27.29°C. La condición tropical del territorio permite definir una muy baja variación en temperatura a través del régimen de todo el año no superando cambios entre los 1 y 2 °C. Bajo las condiciones de temperatura constante y las precipitaciones que pueden ser moderadas a altas, se establece un régimen de humedad tropical con un valor por encima del 80% para todo el año. La evaporación relacionada se distribuye de norte a sur con valores de 1200 mm a 2200 mm respectivamente.[8]

9 ANÁLISIS MORFODINÁMICO PARA EL ÁREA DEL TERCER PUENTE MONTERIA

El presente capítulo corresponde a los resultados del análisis morfodinámico en un área aproximada de 5 km^2, del sector donde se proyecta la construcción del tercer puente para el cruce del rio Sinú en el municipio de Montería, departamento de Córdoba. El puente conectaría la calle 15A margen izquierda, con la calle 6 margen derecha, y la carreras 3W y Avenida 1. (Figura 16).

El análisis se hizo con base obre seis vuelos de fotografías aéreas de diferentes años, entre 1945-2004, las planchas topográficas IGAC a escala 1:25.000 del año 2009 y los años 1.981 y 1989 a escala 1:10.000, imágenes de Google earth y los mapas geológico y geomorfológico de la plancha 61 Montería.

El área de trabajo se encuentra al suroccidente de Montería, con influencia directa del Río Sinú. La información resultante de este análisis se presenta en escala gráfica, y, el trabajo se realiza como elemento de apoyo para los estudios y diseños para el Tercer puente para el paso sobre el rio Sinú en Montería, en Fase III.

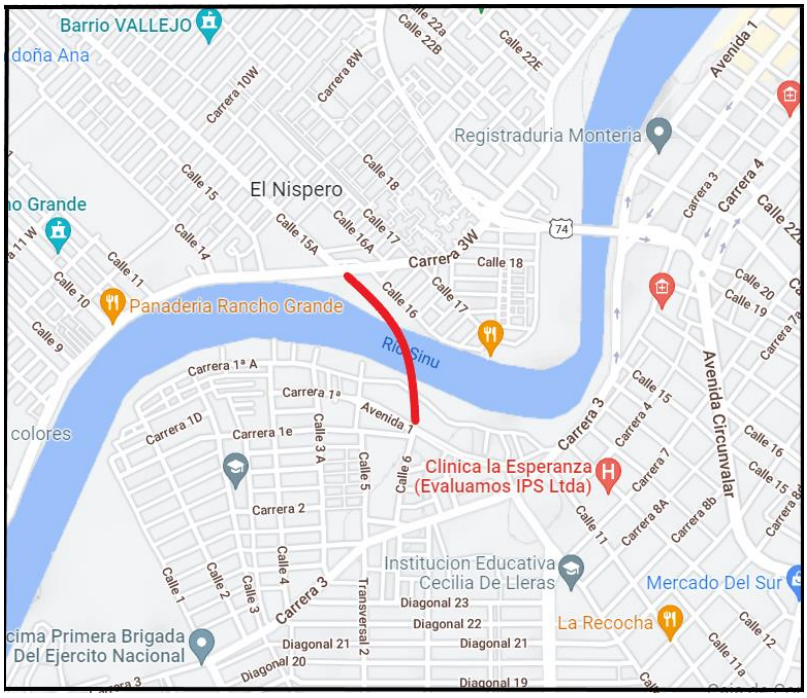


Figura 16. Localización del área de estudios y diseños Tercer puente, Montería.

Fuente Google maps

9.1 MARCO GEOLOGICO

La zona de trabajo, ubicada en el municipio de Montería, margen derecha e izquierda del rio Sinú, geológicamente se caracteriza por la cobertura de depósitos cuaternarios, especialmente a los relacionados a la actividad sedimentológica asociada a la dinámica del rio Sinú. Hacia el sur y occidente de Montería, se identifican otros depósitos asociadas a ciénagas y meandros abandonados. Igualmente son notorios los resaltes de unidades morfológicas bien diferenciadas.

De manera general, las unidades del Cuaternario, aluviones recientes (Qal), se encuentran reposando de manera discordante sobre rocas sedimentarias de edad Cenozoico, las cuales se encuentran plegadas y fallas. Las estructuras fueron originadas durante un régimen de esfuerzos compresivo dando lugar a los denominados cinturones plegados de Sinú y San Jacinto, los cuales se inició en el Paleógeno y continúan en la actualidad.

Dentro del programa de exploración geotécnica, se realizaron 6 perforaciones: tres sondeos mecánicos en la margen izquierda del rio Sinú, y tres en la margen derecha del rio, hasta la profundidad de 40 metros, identificando solamente materiales de granulometría fina, limos, arcillas y arenas, asociados a los depósitos sedimentarios aluviales del rio. No se encontró basamento. (Imagen Google 2019)

La unidad sedimentaria más representativa del Cenozoico está dominada por la Formación San Cayetano (Pgs), del Paleoceno, caracterizada por estratos de secuencias rítmicas de arenitas y lutitas interpuestas por olistostromas arenosos a conglomerados. Los olistostromas son depósitos sedimentarios compuestos por una masa caótica de material heterogéneo, como cantos, bloques, y lodo por efectos de gravedad. Estos conglomerados son explotados como fuente de material para agregados pétreos en obras de infraestructura en ingeniería civil en el departamento.

Los depósitos cuaternarios se acumulan en zonas bajas, limitadas por altos topográficos donde afloran por las rocas sedimentarias del paleoceno. Estos altos topográficos corresponden a cuchillas y lomas de origen estructural con una clara orientación NNE, que corresponde a la tendencia estructural de las fallas inversas y de los ejes sinclinales y anticlinales, así como a nivel macro de las tres cordilleras colombianas.

Las anteriores características geológico-estructurales pueden ser observadas en el mapa geológico a escala 1:100.000 correspondiente a la plancha No.61 – Montería (INGEOMINAS,1.999), del cual se retoma la cartografía geológica y los aspectos estratigráficos y estructurales para el área de trabajo que se presentan en la Figura 17.

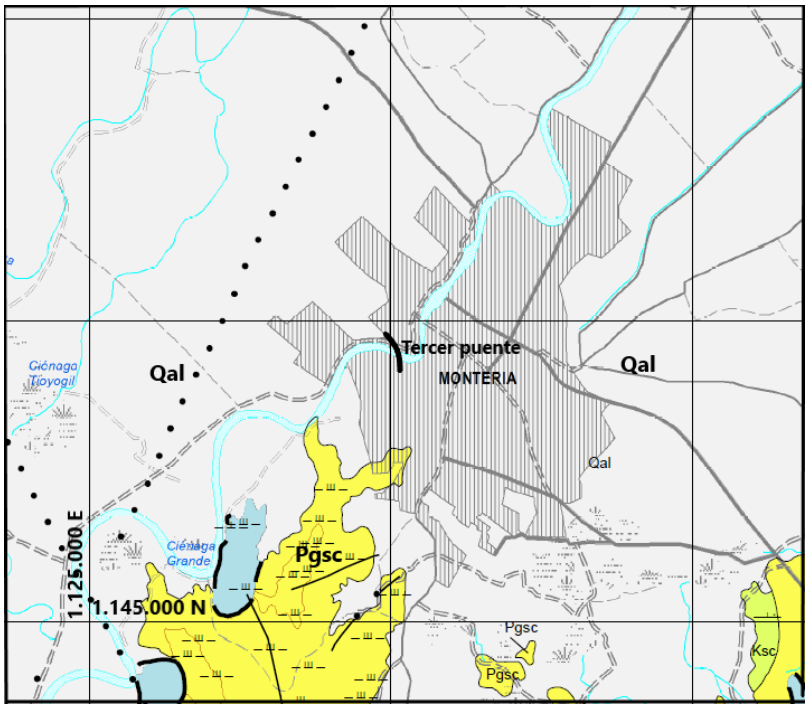


Figura 17. Marco geológico del área del Tercer Puente -Montería.

Tomado parcialmente de INGEOMINAS, 1999.
GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 61 MONTERÍA
Escala no controlada

9.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

El área donde se localiza el tercer puente proyectado se encuentra regionalmente en la provincia geomorfológica del Valle del Sinú, entre los cinturones plegados de Sinú y San Jacinto. En ella se presenta el registro de una variedad de procesos geológicos de índole estructural, denudacional y fluvial, que dejan en el paisajes una variedad de geoformas como las observadas en el mapa geomorfológico de la Figura 10. Localmente la geoformas están asociadas principalmente a un ambiente fluvial, las cuales se describen a continuación. (Figura 18)

9.2.1 Ambiente Fluvial y Lagunar

Incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de los materiales en las laderas aledañas a dichas

corrientes tanto en épocas de grandes avenidas e inundación como en la dinámica normal de las corrientes perennes durante la época seca. Las unidades diferenciadas son:

Plano o llanura inundación (Fpi): corresponde con una franja de terreno de morfología plana a ondulada que presenta áreas eventualmente inundables. Se localiza al lado y lado de los cauces fluviales como es el caso del rio Sinú, aledaños a la zona de trabajo y se sitúa en donde quedarían los estribos del puente. Esta unidad presenta pendientes planas a suavemente inclinadas con rangos que oscilan entre 0° y 5°.

Laguna (Flg): depósito natural de agua de dimensiones inferiores en relación con los lagos, tanto en área como en profundidad. Las lagunas de origen fluvial se relacionan con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad. Estas pueden permanecer Incluso en épocas secas ya que son pobremente drenadas. En la zona se ubican sobre depósitos aluviones recientes, al suroccidente y occidente del casco urbano del municipio de Montería, a 2,5 y 1,8 kilómetros respectivamente del proyecto del tercer puente.

Cauce aluvial (Fca): Esta unidad se restringe a ríos que fluyen en zonas planas a semiplanas, de la cuenca del río Sinú. Son canales de forma irregular, excavados por corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales, que depende de factores como la pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, que pueden persistir por grandes distancias; son de forma meándrica. Los tipos de erosión predominante en esta unidad son de fondo y lateral; los cauces aluviales están conformados por depósitos cuaternarios y barras longitudinales.

Barra longitudinal (Fbl): Estas barras están asociadas al río Sinú, al Sur del Municipio de Montería. Se localizan al interior de los cauces mayores, presenta forma elongada y convexa, en dirección paralela a la corriente, con la punta más larga en dirección de la misma. El origen está relacionado con la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones, que luego al disminuir el caudal quedan como remanentes que dividen la corriente. Están constituidas por arenas, limos con presencia de gravas finas; sedimentológicamente se les denomina barras de canal, o depósitos aluviales superficiales (Lla).

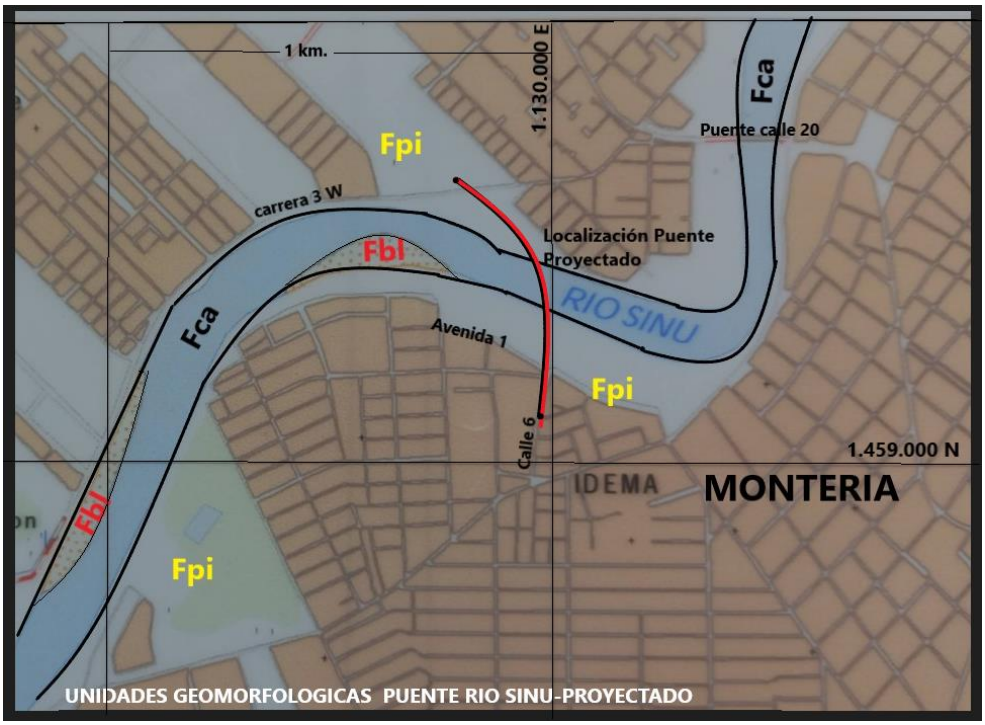


Figura 18. Unidades geomorfológicas representativas en el área de influencia del tercer puente.

Base topográfica IGAC plancha No 61 IIIA.ESC:1.25.000, año 2009.
Elaboración propia.

9.3 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Para el desarrollo de este trabajo se analizaron los vuelos de fotografías aéreas de los años: 1945, 1952, 1959, 1.981, 1.985, y 2004. Todos los vuelos cubren el área de interés y el entorno inmediato donde quedarían las obras de cimentación o pilas del puente, en escalas aproximadas que varían entre 1:20.000 y 1.40.000. El vuelo del 2004 a escala 1:10.900.

A modo de apoyo y como fuente de información para años más recientes se usaron seis imágenes de Google Earth, correspondiente a los años: 2.008, 2.012, 2.014, 2.017 y 2.29 y 2.021. De otro lado las planchas topográficas IGAC a escala 1:25.000 año 2009 y de los años 1.981, 1.988 a escala 1:10.000. Adicionalmente se contó para el análisis con el mapa geológico y el mapa geomorfológico, planchas 61 a escala 1:100.000.

En la
Tabla ***1*** se presenta el inventario de imágenes de sensores remotos y mapas usados.

Tabla 1. Vuelos de fotografías aéreas consultadas, imágenes de Google Earth, mapas: geológico geomorfológico y topográficos, usados para el análisis multitemporal del área de interés Estudios y diseños tercer puente Montería.

AÑO	VUELO	FOTOS	ESCALA
1945	R.7 (S-23 A) (S-23B)	273-275 316-317	1:40.000
1952	C-632	141 142 143 144	1:30.000
1959	C-908	207 208	1:20000
1.981	c-2012	12 13 14 15	1:20.700
1.985	C -2228	232 233 234	1:21.300
2004	C-2719	55 56 57	1.10.900
1999	Plancha Geológica 61 Montería		1:10.0000
2015	Plancha Geomorfológica 61 Montería		1:10.0000
1981 y 1988	Plancha Topográfica IGAC		1:10.000
2009	Plancha topográfica IGAC 61-IIIA		1:25.000
2008/ 2021	Google earth		

La metodología para el análisis fotogeológico y de las imágenes de Google Earth se basó de un lado en la diferenciación de los parámetros generales como el tono, textura, rugosidad, tamaño, geometría, regularidad etc. de los elementos observados en ellas, así como la identificación de la evolución o cambio a través del tiempo de estos elementos y en general de los rasgos del paisaje o geoformas.

Los cambios que se analizaron fueron desde un enfoque morfodinámico, haciendo un comparativo entre las diferentes imágenes y planos, de tipo gravitacional, escorrentía laminar, uso de la tierra, fluvial, etc., evaluando los agentes originadores de procesos erosivos dominantes en la dinámica propia que haya tenido el área.

Con base en lo anterior se identificaron las formaciones superficiales del área, y en general rasgos asociados a procesos erosivos como escarpes, efectos antrópicos, erosión laminar, etc.
Hay que aclarar que el estudio también depende de la calidad de las imágenes, en este caso, en general, los vuelos para el análisis multitemporal tienen una buena cobertura en el área de interés, pero es difícil diferenciar procesos morfodinámicos más allá de la franja adjunta al Río Sinú.

Por otra parte, las imágenes de Google son monoscópicas y no todas tienen buena calidad; por ejemplo, la del año 2008 y 2012 no tienen buen contraste, pero si mejora para las años del año 2017 2021, obteniéndose la mejor imagen la de 2019.

Los mapas topográficos dan buenos detalles de la morfología del rio para la época en que fueron realizados. De lo anterior el mapa de procesos morfodinámicos y formaciones superficiales es resultado de la integración de la información de todo el conjunto de imágenes y mapas y en él se incluyen rasgos que claramente existentes en cada una de las imágenes o que se observan en una o más de ellas. A continuación, se presentan los resultados.

Finalmente, para enriquecer el producto del presente informe, se usaron datos y resultados logrados por la cartografía geológica y geomorfológica de la plancha 61 de Montería. El propósito final es facilitar la toma de decisiones por parte de quienes tienen la responsabilidad final del proyecto. A continuación, se ilustra la forma y evolución del Rio Sinú en el sector donde se implanta el estudio y diseño del tercer puente en el casco urbano de Montería con fotografías aéreas desde el año 1945. (Figuras 19 – 25)

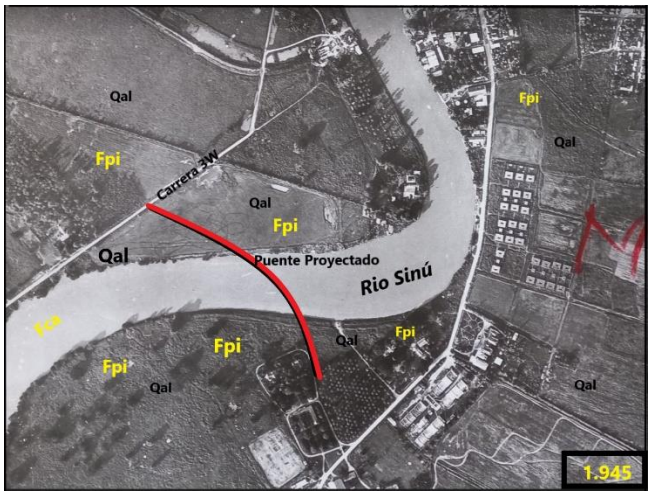


Figura 19. Aerofotografía 1945

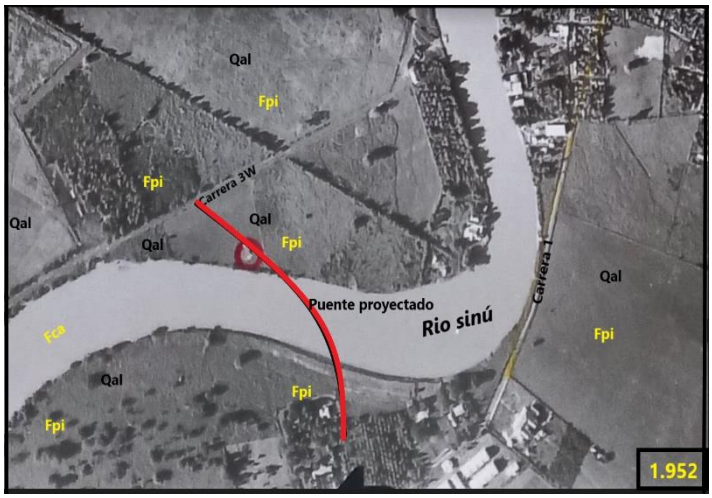


Figura 20. Aerofotografía 1952

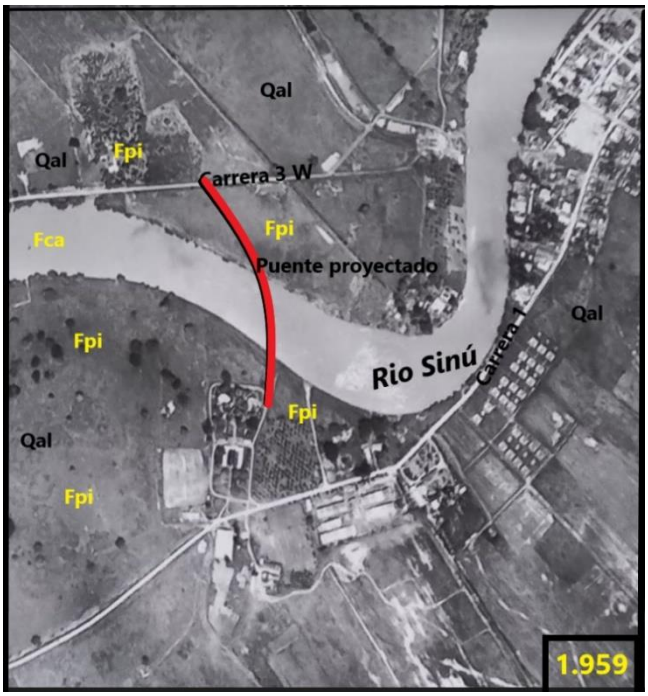


Figura 21. Aerofotografía 1959

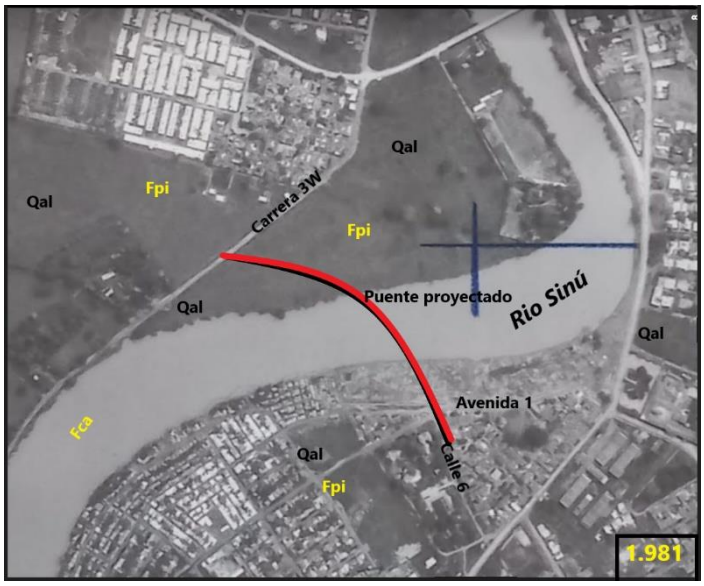


Figura 22. Aerofotografía 1981

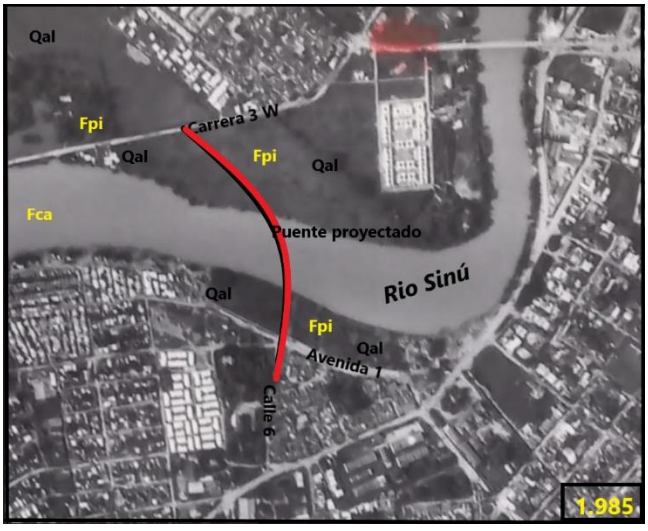


Figura 23. Aerofotografía 1985

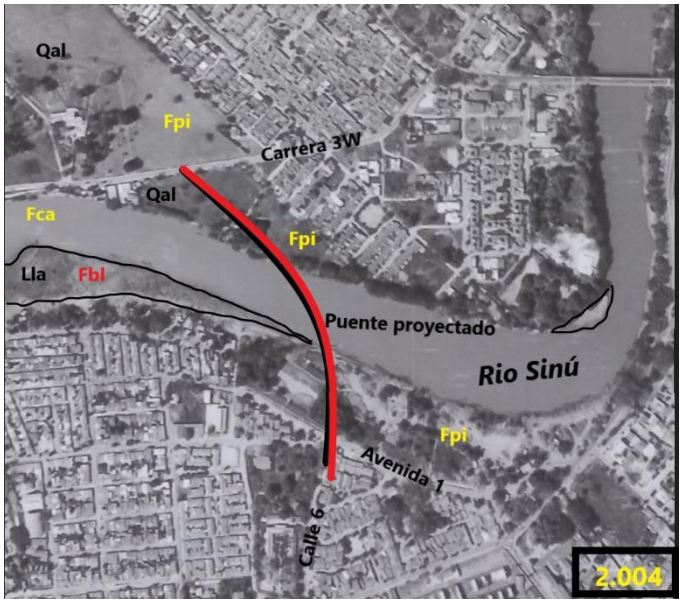


Figura 24. Aerofotografía 2004

Fuente: IGAC Fotografías aéreas. Elaboración propia.



Figura 25. Fotografía 2019

Fuente: Google maps. Elaboración propia.

De manera general la geomorfología del área de los alrededores del rio Sinú corresponde a una superficie plana de muy poca inclinación, tal vez del orden de un grado máximo dos y con una baja densidad de drenaje, la cual pertenece a la superficie de lo que se conoce como depósitos aluviales del cuaternario. El rio Sinú es sinuoso, de cauce meandriforme, en donde la margen externa se erosiona muy lentamente, y la margen interna se sedimenta formando barras longitudinales de canal, observables en las fotografías aéreas del 2.004 y en la imagen de Google del 2019.

Un punto de referencia para determinar la velocidad de migración de cauce es la vía existente desde el año 1.945, y que hoy día se conoce como carrera 3W. Por las escalas de la fotografías no es posible determinar el avance o migración del cauce, tan solo es observable en campo. Figura 26.



Figura 26. Socavación de la orilla izquierda del Rio Sinú, cerca de la carrera 3.
Fuente: Consultor.

La cimentación de los estribos del diseño para el tercer puente se localizan sobre depósitos sedimentarios aluviales del Cuaternario, donde se presenta una morfología plana o llanura de inundación, como se aprecia en las figuras 27-28.



Figura 27. Área seleccionada para la construcción de los estribos del puente, lado izquierdo.
Fuente: Consultor.



Figura 28. Área seleccionada para la construcción de los estribos del puente, lado derecho.
Fuente: Consultor.

Comparando las fotografías aéreas de diferentes años, así como las imágenes de Google, la morfología del cauce del rio se mantiene, amplia en los sectores cóncavos y menos ancha en los sectores tangenciales. La altura del área específica de los sitios seleccionados para la implementación de los estribos del puente está en el orden de los 15 y 16 m.s.n.m. ver fotos aéreas e imágenes Google earth y perfil geológico. Figura 29.

La geomorfología local está fuertemente relacionada a la génesis de los depósitos aluviales, al clima cálido con temperatura media anual en 26.7°C con precipitaciones de 2255mm; y a los procesos erosivos y los procesos antrópicos. Para contrarrestar los procesos erosivos, en la orilla izquierda del rio, se han construido espolones, jarillones, protección con enrocados y la barreras vivas que se aprecian en las fotografías aéreas desde el año 1.945. Actualmente en el sitio donde se implantaría la cimentación del estribo izquierdo del puente se observa un bosque, el cual no existía en el año 1.945. Figura 30 – 31.

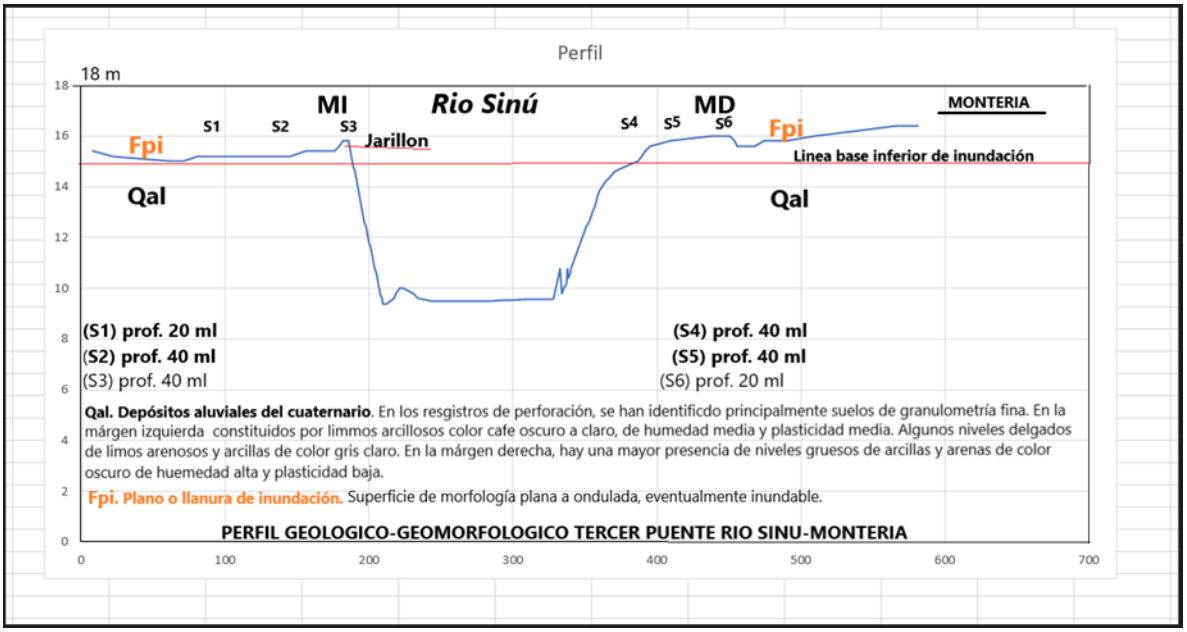


Figura 29. Perfil geológico-geomorfológico. Tercer puente Rio Sinú – Montería.
Elaboración propia.





Figura 30 – 31. Levantamiento topográfico en el terreno donde se proyecta la construcción de las pilas en la margen izquierda del puente en depósitos aluviales Qal de morfología plana o llanura de inundación.

Fuente: Consultor.

9.3.1 Formaciones superficiales.

- Unidad de Llanura Aluvial o Depósitos aluviales (Lla)

Comprenden los sedimentos actuales no consolidados transportados por el Río Sinú y depositados en la parte interna del canal meandriforme, formando una estructura longitudinal de depósito, que, sedimentológicamente se denominan barras de canal. En un perfil topográfico transversal al rio, presenta orillas de pendientes suaves en donde el flujo o dinámica del rio es menor, en contraste con la orilla opuesta, donde la velocidad de flujo es mayor produciendo fenómenos de erosión por zapamiento o desplomes de las orillas generando a su vez una mayor pendiente. Figura 32-33

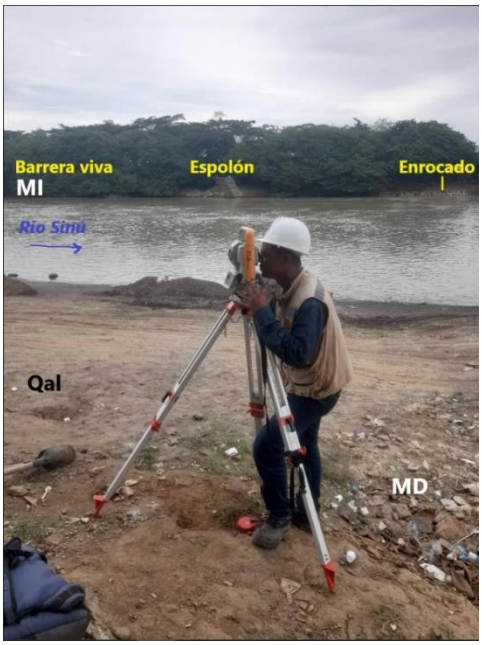


Figura 32. Levantamiento topográfico en el terreno donde se proyecta la construcción de las pilas en la margen derecha de morfología suave.



Figura 33. Levantamiento topográfico en el terreno en la orilla derecha en donde se observa de mayor pendiente.

Fuente: Consultor.

Fotogeológicamente se caracteriza por presentar tonos grises oscuros, como se ve en las fotos aéreas del 2004, probablemente se observa mejor debido a que la fotografía fue tomada en época de verano en donde el nivel del rio es bajo, situación que no se aprecia muy bien y las otras imágenes. pero con el paso del tiempo se observa en las imágenes con tonos grises medios a claros; su textura en las fotos del 2004 es rugosa densa muy oscura y en imágenes y fotos más recientes se torna suave, y por sectores y épocas

ligeramente rugosa poco densa, como la de Google 2019; su expresión es esencialmente plana a ligeramente inclinada hacia el río. Esta unidad también aparece en el mapa topográfico IGAC 2009.

Esta unidad, aunque no tiene una relación directa con el área que ocupa el puente, se hace importante es por su comportamiento a través del tiempo y lo que esto refleja en términos de la evolución del borde de la orilla norte, en donde se implantaría el estribo izquierdo del diseño del tercer puente.

Desde 1945, en las diferentes fotos aéreas, imágenes de Google Earth y mapas topográficos es evidente el comportamiento variable de estos depósitos. Pero no es clara la razón por la que esto sucede, aunque es posible que este fenómeno tenga relación con el cambio de dinámica de este en ese sector.

- Socavación Lateral

Este proceso es importante en el análisis de la margen izquierda del Rio Sinú en el área de interés, donde se evidencian procesos de erosión y socavación lateral de la orilla Río, es decir, en el sector norte del área de estudio. En esta parte se ve la relación activa entre el escarpe de la orilla y la dinámica del Río, aclarando que, el escarpe debió ser como el resultado de la socavación lateral del Río sobre los depósitos sedimentarios aluviales del cuaternario y seguramente cuando el río encontró una litología menos dura, su dinámica erosiva migro ligeramente hacia el norte en el sector. Figura 34-35



Figura 34-35. Avance lateral de la socavación del rio Sinú cerca de la carrera 3W. Los arboles que sirven de protección están en riesgo de desplome.

De otro lado, se observa es que el comportamiento del Río de acuerdo con las imágenes de sensores remoto no es muy variable, conserva siempre su morfología, sin que se pueda determinar por las escalas de las imágenes, cuánto ha migrado la orilla izquierda. Los procesos de socavación se evidencian mejor es en el campo, pero parece que la migración ha sido de pocos metros en los últimos 77 años, por algunos de los árboles de gran tamaño que se conservan en la orilla y otros están en riesgo de volcamiento. Figura 36. Es importante conservar, proteger e implementar estas barreras vivas contra la erosión.



Figura 36. Barrera viva que controla la erosión y socavación del Rio Sinú.

Fuente: Consultor.

- Procesos Antrópicos

A medida que ha pasado el tiempo los procesos antrópicos sobre el medio ambiente han aumentado. En el área de estudio es evidente el impacto de estos procesos en los últimos 77 años. Antes de este tiempo la región tenía dominantemente una cobertura vegetal herbácea, de pastos y de matorrales de rala a más o menos densa, que protegía la superficie de la erosión laminar; esta característica aún se puede observar en las fotografías aéreas de 1945 a 1981. A partir de 1985 se evidencia un desarrollo urbano y de infraestructura mayor en el municipio de Montería, los cuales han ido escalando de tal manera que hoy en día tan solo se observa una cuña en forma de bosque de muy poca extensión en el sitio donde va a implementar el estribo Izquierdo del puente, lo que igual, conduce a una mayor pérdida de cobertura vegetal y todo indicaría que eventualmente desaparecerá este pequeño bosque. Figura 37.



Figura 37. Deterioro de la margen izquierda del rio por provocada por los procesos antrópicos sobre el medio ambiente.

Fuente: Consultor.

10 FUENTES DE MATERIALES

Para las obras de infraestructura en el municipio de Montería se crea la necesidad de demanda de materiales de arenas y gravas, por lo cual se adelantó un estudio de fuentes de materiales y un inventario de las canteras que actualmente se encuentran en actividad, clasificando el material por su tipo, volumen disponible y distancia de acarreos. Se mencionan las que ofrecen mejores prospectos ya sea por su situación ambiental, licencias vigentes o en trámite, o de aquellas que ya están en operación desde hace varios años, como las que se ubican al E – NE – SE de Montería.

Las fuentes de material evaluados corresponden a unidades geológicas que dan una expresión morfológica de colinas y cerros alargados y corresponden principalmente rocas sedimentarias, conglomerados o calizas y limolitas silíceas, interestratificadas.

Las principales unidades geológicas aportantes de material pétreo, como fuentes de materiales son: Las formaciones San Cayetano y Cansona del Terciario Inferior y Cretáceo respectivamente y hacen parte del cinturón San Jacinto, sus mejores expresiones al oriente, SE y NE de Montería.

Los materiales que constituyen los estratos de los afloramientos están constituidos en mayor porcentaje a clastos duros de origen ígneo y metamórfico y que pueden emplearse para estructura de pavimentos, concretos, afirmados entre otros.

10.1 DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE MATERIALES

Para una mejor ilustración y evolución de las fuentes de materiales, se toma como base fundamental aquellas que se encuentran en explotación y/o están en cierta medida abandonados por falta de actualización de las licencias ambientales o títulos mineros.

También cabe destacar que existen explotaciones de cantera como fuentes de material para concreto y asfalto, por empresas cementeras como Cemex y Argos, y plantas en actividad como suministro exclusivo para las necesidades de los consorcios viales que se desarrollan en el Departamento de Córdoba.

10.1.1 Canteras Brimark, Las Balsas**.**

Muy cerca de Ciénaga de Oro existen tres canteras ubicadas a lo largo de un relieve longitudinal montañoso correspondiente a rocas sedimentarias de la Formación San Cayetano, Su característica fundamental, es que, esta unidad está conformada por estratos de espesor que varían entre 0.30 m y 1,50m de areniscas cuarzosas y conglomerados de gravas y bolos de andesitas y basaltos de origen volcánico, muy duros y de alta resistencia, sin embargo, existe la presencia de algunos bolos y gravas, altamente meteorizados y no representan al 5% del total, por su composición y litología son aptas para llenos , filtros y agregados para concretos, para éstos se recomienda una buena selección del material por lo de los bolos muy alterados. De estas canteras se ha extraído material para concretos y asfaltos según los encargados de la explotación de la cantera.



Figura 38-39 Cantera Las Balsas

Fuente: Consultor, 2021.





***Figura 40-41 Cantera Bismark*.**

Fuente: Consultor, 2021.

10.1.2 Canteras Loma Grande, Villa Carmen

Localizada al sur oriente de Montería, a 8kms por la vía a Planeta Rica

La explotación en esta cantera pertenece a la misma Formación San Cayetano. El uso está dado principalmente para mejoramientos, con una buena selección de estos materiales y con mezclas del depósito del Rio Sinú en Montería sirven para afirmados, concretos y asfaltos.





Figura 42-43. Cantera Loma Grande.





Figura 44 - 45. Cantera Villa Carmen.

Fuente: Consultor, 2021.

10.1.3 A orillas del Rio Sinú en Montería

A orillas del Rio Sinú en Montería, existe un acopio de materiales de arenas y gravas que transportan por vía fluvial, aproximadamente a 50 kms rio Arriba desde Montería. Estos materiales son gravas redondeadas constituidas por rocas volcánicas y rocas silíceas. Los usos son para concretos y asfaltos.








Figura 46 – 49. Acopio de materiales a orillas del Rio Sinú, cerca de Montería.
Fuente: Consultor 2021.

10.1.4 Planta de concreto en Montería.

Concresinú es una planta especializada en la elaboración, comercialización y suministro de concreto premezclado ubicada en el KM2 de la vía Jaraquiel – Las Palomas – Montería; a aproximadamente 1.7 km desde el tercer puente de estudios y diseños sobre el Rio Sinú. Figura 28 – 29.





Figura 50-51 Planta de Concretos del Sinú S.A.S.

Fuente: Consultor, 2022

10.1.5 Zonas de disposición de sobrantes

En el área de influencia de los estudios y diseños del tercer puente sobre el Rio Sinú el municipio de Montería no cuenta con un sitio adecuado desde el punto de vista ambiental para la disposición de sobrantes producto de las excavaciones de las obras de ingeniería civil. Por lo general estos materiales son donados a la comunidad para relleno y adecuación de predios.

11 CONCLUSIONES

-El Departamento de Córdoba, desde el punto de vista geológico, se encuentra dividido en dos grandes regiones estructurales, el Cinturón Estructural de San Jacinto, que se encuentra localizado al oriente del Rio Sinú, y el Cinturón Estructural del Sinú al occidente del Rio Sinú. El Cinturón de San Jacinto de edad Cretácico Superior – Terciario Inferior, está constituido por rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas intruidas en sitios puntuales por intrusiones magmáticas, conglomerados interestratificados.

- El Cinturón de San Jacinto al sureste y noreste de Montería se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias, con edades que van desde el Terciario Inferior hasta el Cuaternario, constituidas principalmente por areniscas, lutitas, areniscas conglomeráticas en estratos paralelos de espesor variable. Las unidades aflorantes en el Cinturón San Jacinto son la principal fuente de materiales de construcción.

- Los materiales para subbase, bases y pavimentos, así como para los concreto y asfaltos, las fuentes de material para el suministro del mejoramiento de la vía son las canteras que se encuentran localizadas en las unidades geológicas que conforman el Cinturón de San Jacinto y se ubican por la vía Ciénaga de Oro – Planeta Rica y en los acopios de material a orillas del Rio Sinú en Montería y que son materiales que provienen de extracciones de playas y playones a 50 a 60 kilómetros rio arriba desde Montería.

- La implantación del nuevo puente, de aproximadamente 380 metros de longitud, entre las calles 15 con carrera 3 y la calle 6 con carreras 1, la cimentación de las estructuras junto con los accesos estaría restringidas a los depósitos cuaternarios de origen aluvial los cuales tienen un a distribución regional amplia y hacen parte de la denominada Cuenca del Rio Sinú. Estos depósitos cuaternarios son de granulometría fina a gruesa, no consolidados. Se realizaron perforaciones hasta la profundidad de 40 metros. No se encontró basamento.

- 100 metros al sur de la proyección del nuevo puente, la orilla izquierda del Rio Sinú conforma una curva circular cóncava, de aproximadamente 800 metros, en donde se generan proceso de socavación y erosión de su orilla. La morfología del ríos es de carácter meándrico y cóncavo en este sector.

- La migración lateral de un canal meandriforme erosiona la orilla cóncava exterior, lava el fondo del rio y deposita sedimentos en la orilla interna (barras de canal). Esto produce una secuencia característica de tamaño de grano de los sedimentos. En la exploración geotécnica en la orilla derecha se encontró niveles de mayor espesor de arenas de color oscuro de humedad alta y plasticidad baja, en tanto que, en la orilla izquierda es mayor la presencia de limos y arcillas de humedad y plasticidad medias.

- De acuerdo con los registros de las fotografías aéreas desde 1.945 e imágenes de Google earth, la geometría y morfología del rio Sinú en el área de influencia de los estudios y diseños, no ha variado mucho, tan solo se considera una evolución en la socavación menor

tal vez de unos pocos metros, lo cual se considera de muy bajo riesgo para las estructuras de nuevo puente. Sin embargo, Se recomienda implementar medidas de mitigación a las observadas, mediante la construcción adicional a las existentes de nuevos espolones y aumentar la siembra de árboles como complemento a la barreras vivas existentes.

- De acuerdo con el perfil topográfico del alineamiento del puente de diseño, la orilla izquierda, la superficie de llanura aluvial es de menor cota en altura, con respecto a la orilla derecha, por lo cual es de una mayor tendencia a las inundaciones en las épocas de crecientes del Rio. Se recomienda, por lo tanto, la construcción de diques y jarillones como sistemas de protección para las eventuales inundaciones.

- Se observa un deterioro de la margen izquierda del rio por provocada por los procesos antrópicos sobre el medio ambiente.

12 BIBLIOGRAFIA

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA. Consultado en Cordoba.gov.co, 28 marzo 2022

MUNICIPIO DE MONTERÍA. Consultado en Monteria.gov.co, 28 marzo 2022.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. FUNDACIÓN GLOBAL EARTHQUAKE MODEL. Modelo Nacional de Amenaza Sísmica para Colombia. 2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL DECOLOMBIA. Geomorfología y Condiciones hidráulicas del Sistema Fluvial del Rio Sinú. Integración Multiescalar 1945-1999-2016.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO – UNIVERSIDAD NACIONAL. 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. 2016.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA – AIS (2009) Estudio general de Amenaza Sísmica de Colombia 2009.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Geología de los Cinturones Sinú – San Jacinto. 2003. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000.

INGEOMINAS. Mapa Geológico del Departamento de Córdoba. 1998. Memoria Explicativa. Escala 1:250.000

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

ANEXO No. 6
INFORME VOLUMEN VI
Versión 1

CONTRATO No. LP-SIM-024-2023

OBJETO DEL CONTRATO:

CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



INFORME DE MEJORAMIENTO DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

VOLUMEN VI, ESTUDIO DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

BOGOTA D.C, OCTUBRE DE 2024

	Elaboró	Revisó	Aprobó
Firma:			
Nombre:	Juan Andrés Galarza	Fernando Amar	Fernando Amar
Cargo:	Especialista HHS	Director de Consultoría	Director de Consultoría

CONTROL DE CAMBIOS		
Versión	Fecha	Descripción del Cambio
V00		Elaboración inicial
V01	25/10/2024	Incorporación observaciones de Interventoría según oficio COCS-460-CPRS-C-10-2024

Contenido

1 INTRODUCCIÓN 6
2 OBJETIVOS, ALCANCE, METODOLOGÍA Y NORMATIVIDAD 7
2.1 OBJETIVOS 7
2.2 ALCANCE 7
2.3 METODOLOGÍA 7
2.4 NORMATIVIDAD 8
3 ANÁLISIS HIDROLÓGICO 8
3.1 INFORMACIÓN EMPLEADA 8
3.1.1 Hidrológica 8
3.1.2 Cartográfica 9
3.1.3 Estudios previos 10
3.2 PRECIPITACIÓN MEDIA 12
3.3 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS 12
3.3.1 Condición estacionaria 12
3.3.2 Condición no estacionaria 23
3.4 JUSTIFICACIÓN DE FÓRMULAS EMPLEADAS 26
4 ESTUDIOS HIDRÁULICOS 26
4.1 RUGOSIDAD DE LA CORRIENTE 26
4.2 CÁLCULO DEL PERFIL DE FLUJO 27
4.3 RESULTADOS HIDRÁULICOS DEL PUENTE 28
5 ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN 30
5.1 DINÁMICA FLUVIAL 30
5.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE CAMPO 40
5.3 APLICACIÓN DE LAS TEORÍAS DE SOCAVACIÓN 42
5.3.1 Socavación general 42
5.3.2 Socavación por contracción 43
5.3.3 Socavación en pilas 44
5.4 PROFUNDIDADES DE SOCAVACIÓN 46
6 CONCLUSIONES 48
7 BIBLIOGRAFÍA 50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización tercer puente Río Sinú 6
Figura 2. Localización estaciones de precipitación 9
Figura 3. Localización de las estaciones hidrométricas y cuenca del río Sinú 10
Figura 4. Precipitación media mensual 12
Figura 5. Serie histórica de niveles máximos (cm) 18
Figura 6. Serie histórica de caudales máximos (m3/s) 18
Figura 7. Niveles y caudales máximos condición estacionaria 22
Figura 8. Niveles y caudales máximos condición no estacionaria 24
Figura 9. Perfil de flujo tercer puente Río Sinú 29
Figura 10. Unidades geomorfológicas representativas en el área de influencia del tercer puente. 32
Figura 11. Fotografías aéreas de diferentes años 35
Figura 12. Socavación de la orilla izquierda del Rio Sinú, cerca de la carrera 3 37
Figura 13. Área seleccionada para la construcción de los estribos del puente, lado izquierdo. 38
Figura 14. Área seleccionada para la construcción de los estribos del puente, lado derecho 38
Figura 15. Perfil geológico-geomorfológico. Tercer puente Rio Sinú – Montería. 39
Figura 16. Levantamiento topográfico en el terreno donde se proyecta la construcción de las pilas en la margen izquierda del puente en depósitos aluviales Qal de morfología plana o llanura de inundación. 39
Figura 17. Barrera viva que controla la erosión y socavación del Rio Sinú. 40
Figura 18. Perfil estratigráfico tercer puente del río Sinú 41
Figura 19. Relación generalizada de socavación en materiales cohesivos 44
Figura 20. Tasa de erosión vs velocidad para diferentes materiales 46
Figura 21. Resultados hidráulicos y de socavación tercer puente río Sinú. 49

INDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Estaciones hidroclimatológicas 8
Tabla 3-2. Series históricas de niveles y caudales máximos 13
Tabla 3-3. Clasificación años Niña y años Niño 16
Tabla 3-4. Análisis de consistencia y homogeneidad series históricas 17
Tabla 3-5. Prueba de bondad del ajuste series completas de caudales máximos 21
Tabla 3-6. Niveles y caudales máximos condición estacionaria 22
Tabla 3-7. Niveles y caudales máximos condición no estacionario 24
Tabla 3-8. Niveles y caudales máximos en la estación Montería 25
Tabla 4-1 Coeficientes de rugosidad n Manning 27
Tabla 4-2. Comparación niveles máximos modelaciones hidráulica e hidrológica 28

Tabla 4-3. Datos de entrada modelo hidráulico HEC RAS 28
Tabla 4-4. Resultados hidráulicos tercer puente Río Sinú..... 29
Tabla 4-5. Secciones transversales tercer puente Río Sinú 30
Tabla 5-1. Vuelos de fotografías aéreas consultadas, imágenes de Google Earth..... 34
Tabla 5-7. Factor de corrección por forma de la pila, K_1..... 44
Tabla 5-8. Factor de corrección por ángulo de ataque, K_2 45
Tabla 5-9. Cálculo socavación general 46
Tabla 5-10. Cálculo socavación por contracción 47
Tabla 5-11. Cálculo socavación local en pilas..... 47
Tabla 5-12. Cálculo socavación total 47

ANEXOS

Anexo 01. Registros IDEAM

Anexo 02. Frecuencia Nmax y Qmax

Anexo 03. Características lecho

Anexo 04. Modelo HEC-RAS

Anexo 05. Cálculo socavación

Anexo 06. Batimetría

Anexo 07. Geología estudios previos

1 INTRODUCCIÓN

Para mejorar la movilidad en la parte sur de la ciudad de Montería (departamento de Córdoba), la Alcaldía de la ciudad contrató con el Consorcio Río Sinú la construcción del tercer puente sobre el río Sinú, el cual une la carrera 1 A, localizada en la margen derecha de la corriente, con la carrera 3 W en la margen izquierda (Ver Figura 1).

Figura 1. Localización tercer puente Río Sinú



Fuente: Elaboración propia

En este documento se presentan los Estudios y diseños de Hidrología, Hidráulica y Socavación, realizados dentro del contrato mencionado.

El informe se estructura en siete capítulos, siendo los dos primeros introductorios, para desarrollar el contenido principal de los análisis, en los capítulos 3, 4 y 5 de Hidrología, Hidráulica y Socavación respectivamente, para finalmente presentar las conclusiones y bibliografía de los Estudios.

2 OBJETIVOS, ALCANCE, METODOLOGÍA Y NORMATIVIDAD

2.1 OBJETIVOS

El análisis hidrológico busca los siguientes objetivos:

- ✓ Caracterización del río Sinú y drenaje de la zona adyacente al puente.
- ✓ Determinación de los caudales máximos para el período de retorno de 100 y 500 años.
- ✓ Determinación del perfil de flujo del río en la zona del puente.
- ✓ Determinación de los niveles medios en el puente y su distribución en el tiempo.

2.2 ALCANCE

El alcance a nivel espacial se limita al sitio del tercer puente y sus accesos, incluyendo también la estación Montería sobre el río Sinú.

A escala temporal el análisis se realiza a nivel diario para los niveles medios y anual para análisis de niveles y caudales máximos.

Los períodos disponibles con información hidroclimática para las diferentes variables son los siguientes:

Precipitación: 2000-2015 (estación Universidad de Córdoba).

Niveles: 1972-2024 (estación Montería).

Caudales: 1963-2024 (estación Montería).

2.3 METODOLOGÍA

1. **Recopilación de información secundaria**

Se revisa la información correspondiente a hidroclimatología (Instituto de Estudios Ambientales, IDEAM) y cartográfica (Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

2. **Análisis de caudales máximos**

Para la obtención de caudales máximos se realiza el análisis de frecuencia de la estación MONTERIA - AUT [13067020], localizada a 1.3 km aguas abajo del puente. Se asumen estos mismos caudales para el puente, dada su cercanía y a la no entrada de corrientes intermedias.
Para esta misma estación se realizan los análisis de frecuencia de niveles y caudales máximos para períodos de retorno de 100 años (diseño) y 500 años (comprobación).

3. **Determinación de perfiles de flujo**

Con ayuda del software HEC RAS, para el caudal de diseño se determina el perfil de flujo de la corriente en la zona del puente, realizando la calibración para los niveles máximos trasladados desde la estación Montería [13067020].

4. Estimación profundidades de socavación

A partir de la información de perforaciones y muestras de lecho, para el cálculo de profundidades de socavación general se emplean las formulaciones de Lischtvan-Levediev para suelos cohesivos. Para la socavación por contracción y local en pilas, se emplean las metodologías recomendadas en la publicación HEC18 (FHWA, 2012) que se describen posteriormente.

2.4 NORMATIVIDAD

La ejecución de los estudios de Hidrología, Hidráulica y Socavación se realiza de acuerdo a la siguiente normatividad:

- ✓ Documento de “Requerimientos técnicos” del Contrato.
- ✓ Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Instituto Nacional de Vías, Invias. Bogotá, 2008.
- ✓ Manual de drenaje para carreteras, Instituto Nacional de Vías, Invias. Bogotá, 2009.

3 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

3.1 INFORMACIÓN EMPLEADA

3.1.1 Hidrológica

Como información secundaria se investiga la documentación existente en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM encontrando las estaciones que se relaciona a continuación.

Tabla 3-1. Estaciones hidroclimatológicas

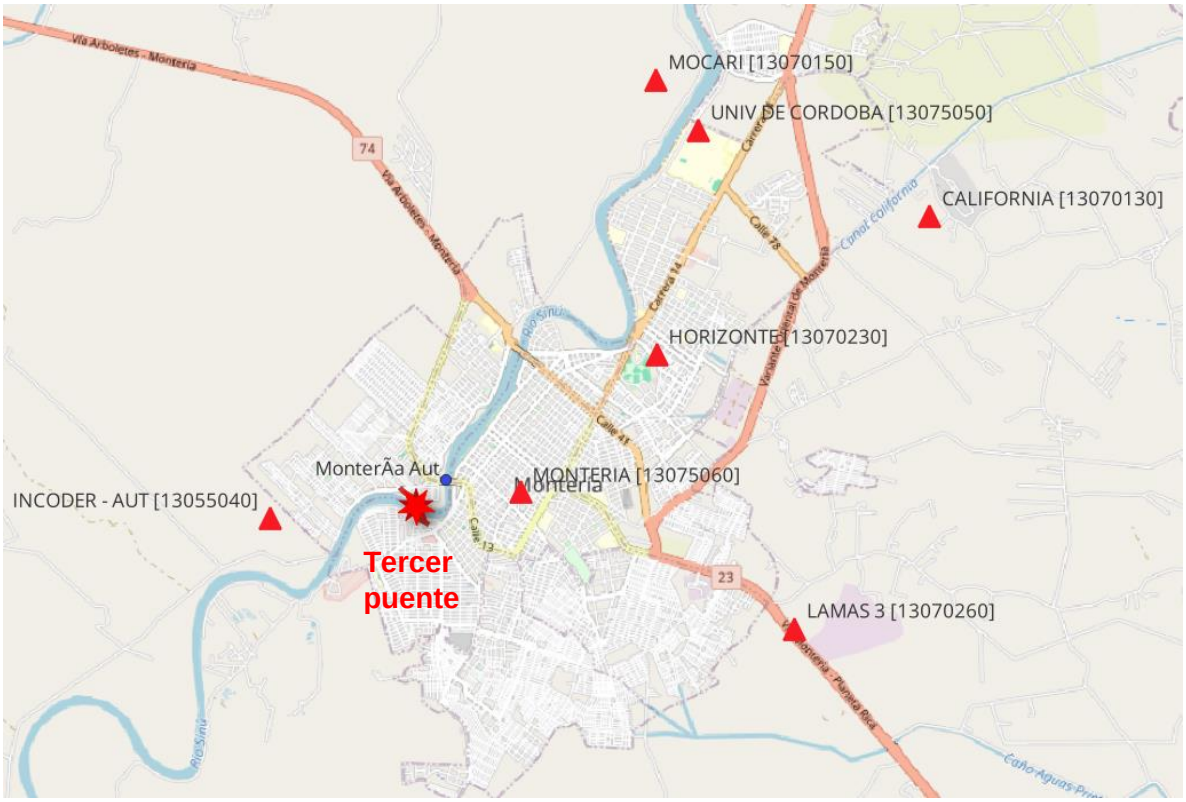
Nombre	Código	Tipo	Latitud (norte)	Longitud (oeste)	Altitud (msnm)	Fecha instalación /
MONTERÍA - AUTOMÁTICA	13067020	LM	8.75161111	-75,8924167	15	15/02/1963
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	13075050	AM	8.79388889	-75.8615278	15	15/06/1979

Tipos estaciones: LM: limnimétrica. AM: agrometeorológica

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 y en la Figura 3, se observa la localización de las estaciones referidas y sus registros se incluyen en el anexo 1. Pese a todas las estaciones que se observan en la Figura 2, para registros de precipitación, sólo es posible descargar los de la Universidad de Córdoba, por lo que es ésta, la que se emplea para la descripción de la precipitación total en la zona.

Figura 2. Localización estaciones de precipitación



Fuente: Elaboración propia

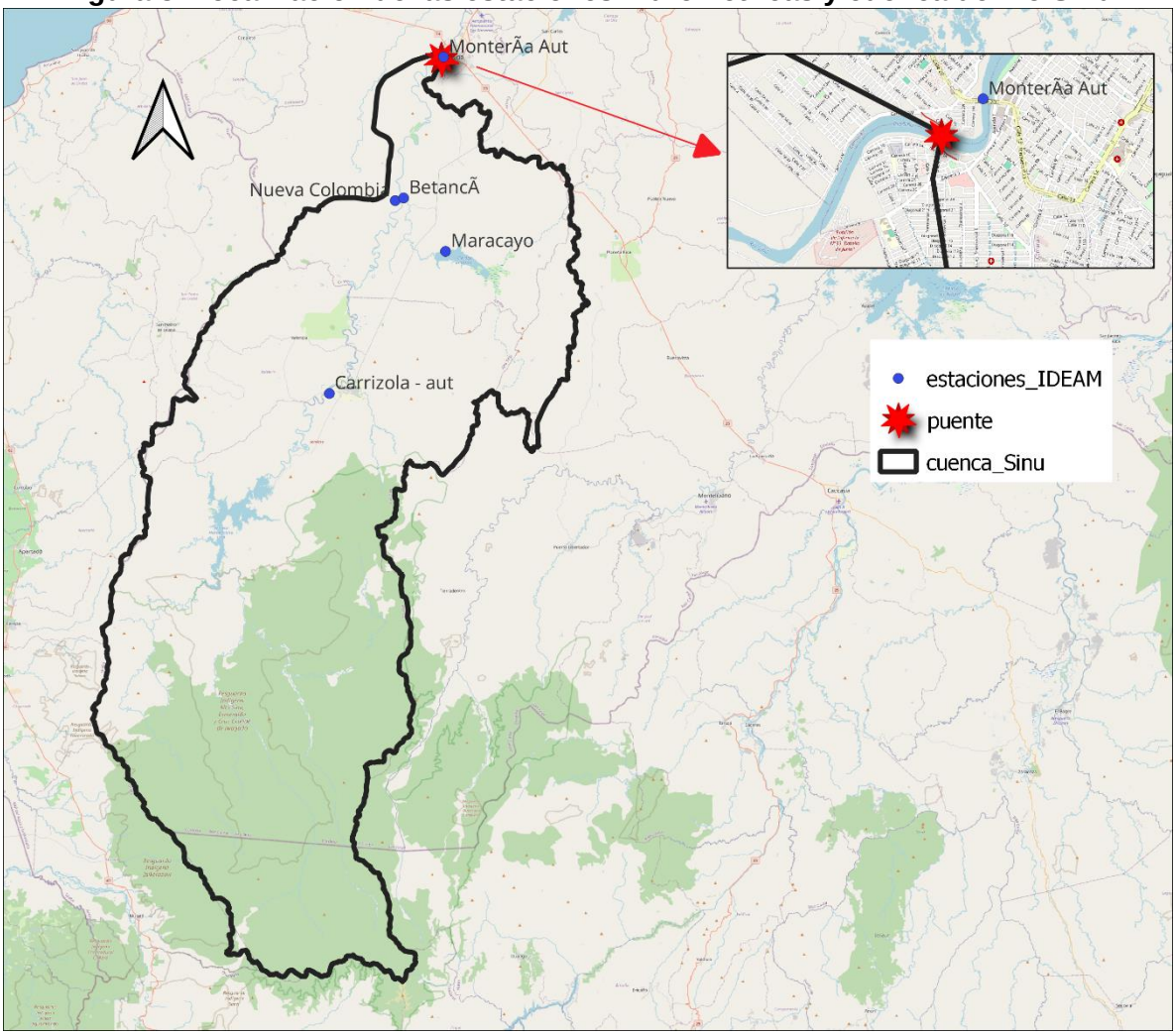
3.1.2 Cartográfica

Dado que se emplea una estación con medición de caudales, no se requiere propiamente cartografía para la delimitación de la cuenca.

Sólo para nivel informativo y descriptivo se consulta la plancha cartográfíca en escala 1:25.000: 61_III_A (2009) y la cuenca hidrográfica del río Sinú en la zonificación hidrográfica nacional (IDEAM).

A partir de esta información se establece hasta el sitio del puente una cuenca con un área de 8.550 km^2 (Ver Figura 3).

Figura 3. Localización de las estaciones hidrométricas y cuenca del río Sinú



Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Estudios previos

Se consulta el informe elaborado por el Consorcio Puente Sinú-FIA (septiembre 2022) cuyos objeto era el de realizar los Estudios de Hidrología, Hidráulica y Socavación del puente Sinú.

Los resultados de este Estudio son los siguientes:

<u>Hidrología, Hidráulica y Socavación:</u>

- Caudal de diseño = 1.139.74 m^3/s (período de retorno de 100 años)

- Nivel de aguas máximas sin puente= 14.09 msnm.
- Nivel de aguas máximas con puente= 14.39 msnm.
- Gálibo puente, no lo indica, aunque tampoco señala problemas al respecto.
- Tipo de material lecho = grava fina con D_{50}=4 mm.
- Profundidad de socavación por contracción en el canal central = 0.23 m
- Profundidad de socavación pila 1 = 7.81 m
- Profundidad de socavación pila 2 = 6.22 m
- Diámetro enrocado de protección margen izquierda = 0.23 m
- Diámetro enrocado de protección margen derecha = 0.10 m
- Diámetro enrocado de protección pila izquierda = 0.13 m
- Diámetro enrocado de protección pila derecha = 0.13 m

Para la protección de pilas, recomienda tomar un enrocado con diámetro medio de 0.25 m.

Con respecto a los caudales, los caudales del estudio previo son un 6% mayores que los estimados en este Estudio, valor perfectamente admisible para dos estudios diferentes. Por su parte, es de aclarar que en esta actualización se consideran también los caudales con un período de retorno de 500 años, mientras que en el informe previo no se estimaban. Al considerar esta caudal, la diferencia entre valores de caudales se reduce a 1.5%, prácticamente los mismos valores de caudal.

Los niveles obtenidos no son comparables, pues para la actualización de este documento, el datum topográfico cambió, por lo que no son valores comparables.

Finalmente, en cuanto a los cálculos de socavación, se considera que los estudios previos, erróneamente asumieron un cauce en gravas, cuando claramente es de tipo arcilloso. Esto explica las diferencias obtenidas en las profundidades de socavación, las cuales son asumidas en este Estudio, dentro de los diseños de los pilotes, sin requerir obras de protección.

Dinámica Fluvial:

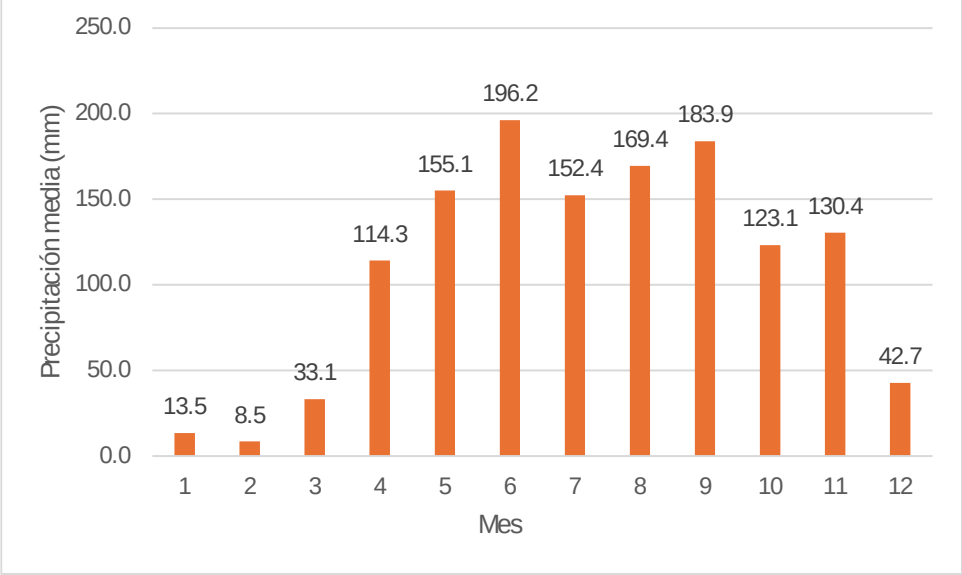
Igualmente, este estudio presenta en las secciones “5.2 Geomorfología”, “7.1 Dinámica Fluvial” y el “Anexo 5_Estudio de Geología”, en los que se incluyen los análisis de Dinámica Fluvial de la corriente, encontrando a partir de un análisis multitemporal que:

Los análisis de Dinámica Fluvial realizados en los estudios antecedentes, son tomados y aceptados por este Estudio.

3.2 PRECIPITACIÓN MEDIA

Para la estación Universidad de Córdoba, se tiene una precipitación media anual de 1.322 mm, con un cuatrimestre (diciembre-marzo) de baja pluviosidad, siendo mínima en febrero y altas precipitaciones el resto del año (abril-noviembre), cuando se alcanzan valores medios máximos de 196 mm en el mes de junio.

Figura 4. Precipitación media mensual



Fuente: Elaboración propia

3.3 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

Los niveles y caudales máximos en la cuenca del tercer puente del río Sinú se obtienen a partir del análisis de frecuencia de los registros de la estación Montería.

Los análisis se realizan para las condiciones estacionaria y no estacionaria como se explica a continuación.

3.3.1 Condición estacionaria

En esta condición se realiza el análisis de frecuencia de niveles y caudales máximos con las series históricas completas de la estación limnimétrica Montería.

Serie histórica

El análisis a nivel anual de los niveles y caudales máximos se realiza construyendo en primer lugar la serie histórica de cada variable, lo cual se realiza retirando o aceptando en la serie anual los valores que se consideran representativos bajo los siguientes criterios:

- Se aceptan el valor anual de aquellos años con 12 registros mensuales.
- Para aquellos años con 11 registros mensuales, se acepta el valor anual si este es mayor al valor correspondiente al percentil del 20%.
- Para aquellos años con 10 registros mensuales, se acepta el valor anual si este es mayor al valor correspondiente al percentil del 10%.
- Para aquellos años con 9 registros mensuales, se acepta el valor anual si este es mayor al valor correspondiente al percentil del 5%.
- Para aquellos años con menos de 9 registros mensuales, se acepta el valor anual si este es mayor que el máximo valor de la serie.

Así, en la Tabla 3-2 Tabla 3-2. Series históricas de niveles y caudales máximos se observan las series históricas completas trabajadas y sus estadísticos principales.

Tabla 3-2. Series históricas de niveles y caudales máximos

Año	Clasificación año	Niveles (cm)	Caudales (m^3/s)
1962-1963	Normal	ND	Rechazado
1963-1964	Niño	ND	1240.00*
1964-1965	Niña	ND	1100.00
1965-1966	Niño	ND	886.00
1966-1967	Normal	ND	927.00
1967-1968	Normal	ND	Rechazado
1968-1969	Niño	ND	Rechazado
1969-1970	Niño	ND	940.70
1970-1971	Niña	ND	900.20
1971-1972	Niña	Rechazado	Rechazado
1972-1973	Niño	Rechazado	Rechazado
1973-1974	Niña	Rechazado	913.30
1974-1975	Niña	Rechazado	914.00
1975-1976	Niña	Rechazado	933.60
1976-1977	Niño	Rechazado	939.20
1977-1978	Niño	590.00	916.10
1978-1979	Normal	592.00	962.40
1979-1980	Niño	561.00	870.60
1980-1981	Normal	585.00	935.10
1981-1982	Normal	586.00	936.50
1982-1983	Niño	Rechazado	805.90

Año	Clasificación año	Niveles (cm)	Caudales (m^3/s)
1983-1984	Niña	550.00	844.80
1984-1985	Niña	541.00	763.90
1985-1986	Normal	559.00	770.00
1986-1987	Niño	573.00	897.50
1987-1988	Niño	543.00	852.80
1988-1989	Niña	587.00	955.30
1989-1990	Normal	570.00	835.90
1990-1991	Normal	659.00*	757.20
1991-1992	Niño	Rechazado	746.90
1992-1993	Normal	Rechazado	739.50
1993-1994	Normal	560.00	833.30
1994-1995	Niño	585.00	898.10
1995-1996	Niña	570.00	876.60
1996-1997	Normal	600.00	969.00
1997-1998	Niño	Rechazado	746.20
1998-1999	Niña	556.00	863.20
1999-2000	Niña	Rechazado	841.00
2000-2001	Niña	Rechazado	760.40
2001-2002	Normal	Rechazado	836.00
2002-2003	Niño	Rechazado	796.70
2003-2004	Normal	Rechazado	753.60
2004-2005	Niño	Rechazado	756.80
2005-2006	Niña	Rechazado	805.30
2006-2007	Niño	Rechazado	814.00
2007-2008	Niña	578.00	951.00
2008-2009	Niña	576.00	936.20
2009-2010	Niño	Rechazado	720.20
2010-2011	Niña	591.00	956.00
2011-2012	Niña	Rechazado	779.40
2012-2013	Normal	Rechazado	738.40
2013-2014	Normal	1380.00*	726.30
2014-2015	Niño	Rechazado	639.70
2015-2016	Niño	Rechazado	648.36
2016-2017	Niña	438.00*	749.64
2017-2018	Niña	533.00	913.10
2018-2019	Niño	Rechazado	Rechazado

Año	Clasificación año	Niveles (cm)	Caudales (m^3/s)
2019-2020	Normal	486.00*	866.92
2020-2021	Niña	418.00*	745.12
2021-2022	Niña	516.00	862.29
2022-2023	Niña	510.00	859.29
2023-2024	Niño	Rechazado	892.00
No. datos		23	55
Media		565.74	846.88
Varianza		602.93	8,285.90
Coef. variación		1.07	9.78
Sesgo		-0.75	-0.04
Curtosis		2.74	2.85
Valor máximo		600.00	1,100.00
Valor mínimo		510.00	639.70

Nota: ND: dato no disponible. *: valor anómalo o outlier.

Los estadísticos básicos se han calculado sin considerar valores anómalos o outliers.

Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que para poder realizar el análisis en la condición no estacionaria, que exige definir años Niña, años Niño y normales, se ha considerado el año hidrológico, es decir en el período junio 1 a mayo 31 del siguiente año.

Para la clasificación de los Años Niño y Niña y considerando que existe una gran conexión entre el fenómeno ENSO y la hidrología colombiana, se emplea el índice macroclimático ONI (Oceanic Niño Index), el cual se define como la media móvil de tres meses de las anomalías en la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 del Océano Pacífico. En la Tabla 3-3, se observa dicha clasificación.

Tabla 3-3. Clasificación años Niña y años Niño

El Niño - 27				La Niña - 25		
Weak - 11	Moderate - 7	Strong - 6	Very Strong - 3	Weak - 12	Moderate - 6	Strong - 7
1952-53	1951-52	1957-58	1982-83	1954-55	1955-56	1973-74
1953-54	1963-64	1965-66	1997-98	1964-65	1970-71	1975-76
1958-59	1968-69	1972-73	2015-16	1971-72	1995-96	1988-89
1969-70	1986-87	1987-88		1974-75	2011-12	1998-99
1976-77	1994-95	1991-92		1983-84	2020-21	1999-00
1977-78	2002-03	2023-24		1984-85	2021-22	2007-08
1979-80	2009-10			2000-01		2010-11
2004-05				2005-06		
2006-07				2008-09		
2014-15				2016-17		
2018-19				2017-18		
				2022-23		

Fuente: https://ggweather.com/enso/oni.htm. Consultada en septiembre de 2024.

Análisis de consistencia y homogeneidad

Posterior a la construcción de la serie histórica y previo al análisis de ajuste a distribuciones de frecuencia de las series históricas de eventos máximos, se comprueban los supuestos de los cuales parte un análisis de frecuencia.

- Valores anómalos: prueba de Grubbs y Beck

Esta prueba, recomendada por el Water Resources Council (en Helsel and R:M: Hirsch. Statistical Methods in Water Resources. USGS) establece una desviación admisible (número de veces de la desviación estándar) en función del tamaño de la muestra y el nivel de confiabilidad (pare el cual normalmente se usa un valor del 10%). Los valores que se encuentren por encima de este cuantil se consideran anómalos.

- Supuesto de independencia de los registros (Prueba de Wald-Wolfowitz)

En general suele suponerse que los datos recolectados en un estudio constituyen una muestra aleatoria, de modo que cada observación o medida es tomada de la población de manera aleatoria e independiente. Tal suposición, sin embargo, puede ser probada mediante el empleo de un procedimiento no paramétrico conocido como prueba de corridas de una muestra de Wald-Wolfowitz.

- Supuesto de estacionariedad o falta de tendencia en la serie de datos (Prueba de Mann-Kendall)

El test de Mann-Kendall es un test no paramétrico, estadísticamente basado en el ranking (o número de orden) de dos variables y puede ser utilizado para tendencias en series de tiempo de datos hidrológicos si una de esas variables es el tiempo y tiene la particularidad de presentar una mayor potencia estadística en la medida que la serie de datos presenta un mayor sesgo que la aleje de una distribución normal.

- Supuesto de homogeneidad (prueba de los signos de Wilcoxon)

Este supuesto se refiere a la ausencia de un error sistemático aparecido en alguna estación, producto de un cambio en su posición o características de funcionamiento. Puede ser abordado mediante uso de curvas doble masa, aunque hay procedimientos más modernos, como la prueba de los signos de Wilcoxon.

Los resultados de estas verificaciones en los registros de todas las estaciones de precipitación, con un nivel de significancia del 5% se observan en el anexo 1, donde adicionalmente se aprecian los niveles de significancia máximos (ρ) para cada tipo de prueba.

Tabla 3-4. Análisis de consistencia y homogeneidad series históricas

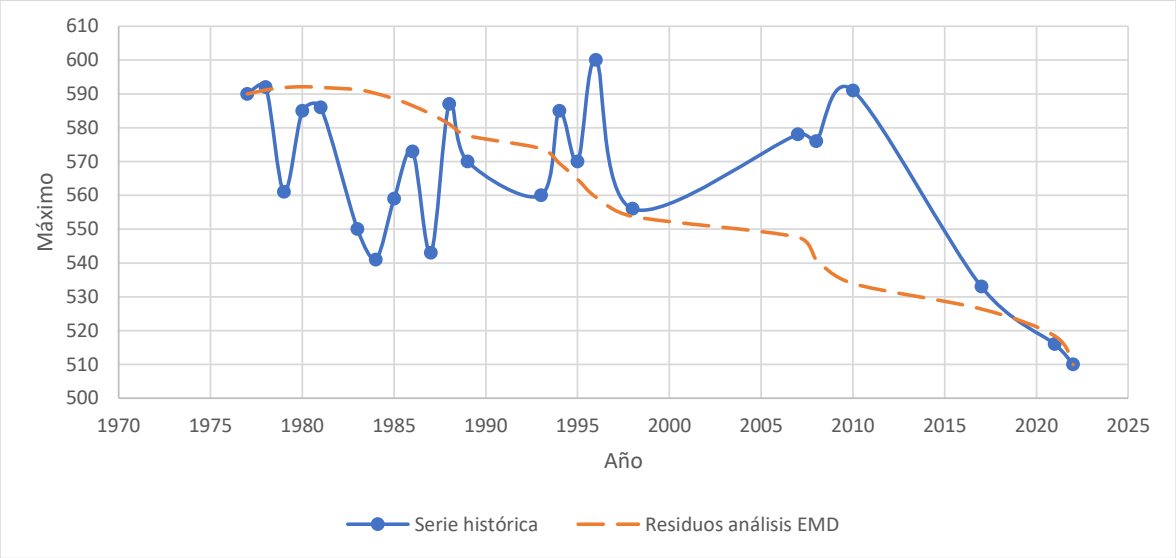
Variable	Existe algún valor anómalo?	Son indep. los registros?	La serie es estacionaria?	La serie es homogénea?
Niveles máximos	Si 2013 (1.380 cm), 2020 (418 cm), 2016 (438 cm), 1990 (659 cm), 2019 (486 cm)	Si ρ=0.2126	Si ρ=0.1391	Si ρ=0.5588
Caudales máximos	Si 1963 (1.240 m3/s)	No ρ=0.0009	No ρ=0.0003	No ρ=0.0069

Nota: sólo se indica el año inicial en los valores anómalos.

Fuente: Elaboración propia

Para la variable de niveles máximos los resultados de las pruebas son adecuados para un nivel de significancia del 5%. No obstante, y pese al resultado obtenido con la prueba de Kendall, se observa una tendencia decreciente a partir del año 2010 (Ver Figura 5), por lo que resulta conveniente el análisis en condición no estacionaria.

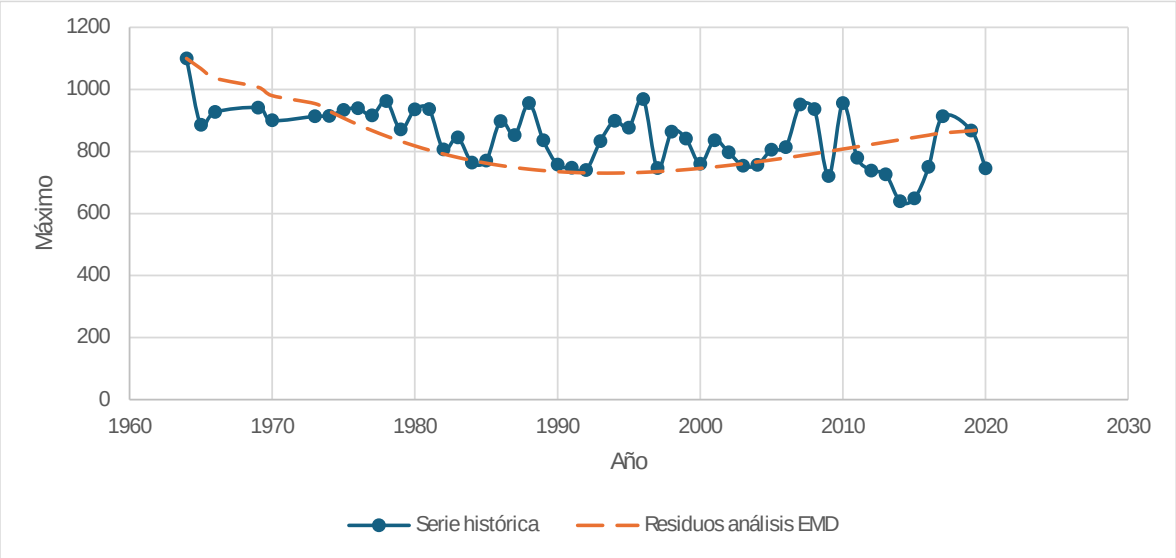
Figura 5. Serie histórica de niveles máximos (cm)



Fuente: Elaboración propia

Para la variable de caudales máximos, donde también se observa una tendencia de los datos en el tiempo (Ver Figura 6), las pruebas estadísticas son insatisfactorias, por lo que en este caso, se hace absolutamente necesario el análisis de frecuencia en la condición no estacionaria.

Figura 6. Serie histórica de caudales máximos (m3/s)



Fuente: Elaboración propia

Distribuciones de frecuencia

Comprobada la validez de la información hidroclimatológica, se realiza el análisis de niveles y caudales máximos mediante un ajuste de las series históricas a las distribuciones de frecuencia Gumbel, Normal, logNormal, Pearson III, logPearson III, GEV (Valores extremos generalizados) y Weibull seleccionando la que mejor ajuste presente de acuerdo al criterio de información Bayesiano (BIC).

Estas distribuciones son:

Gumbel:

$$F(x) = pr(X < x) = \exp\left(-\exp\left(\frac{-(x-\beta)}{\alpha}\right)\right) \qquad (1)$$

Donde,

F(x)=pr(X<x): función de distribución de frecuencia o probabilidad que un caudal X sea menor a un determinado valor x de caudal.

β y α: parámetros de la distribución. De esta distribución se hallan parámetros por el método de los momentos y de máxima verosimilitud.

Normal:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_x\sqrt{2\pi}} exp^{\frac{-1(x-\mu_x)}{2\ \sigma_x^2}} \qquad -\infty < x < \infty \qquad (2)$$

siendo,

f(x): función de densidad de probabilidad.

donde, μx : media de la población, estimado $\overline{X}$.

σx : Desviación estándar de la población, estimado sx.

logNormal de dos parámetros:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} exp^{\frac{-1(y-\mu_y)}{2\ \sigma_y^2}} \qquad x > 0 \qquad (3)$$

Donde,

f(x): función de densidad de probabilidad.

y = ln x

donde, μy : media de los logaritmos de la población, estimado $\overline{y}$.

σy : Desviación estándar de los logaritmos de la población, estimado sy.

Pearson III:

$$F(x) = pr(X < x) = \int_z^x \frac{(x-\varepsilon)^{r-1}}{xX^r\Gamma(r)} \exp(-\left(\frac{u-\varepsilon}{\lambda}\right) du \qquad (4)$$

donde,

F(x)=pr(X<x): función de distribución de frecuencia o probabilidad que un caudal X sea menor a un determinado valor x de caudal.

r, ε, u : parámetros de la distribución

GEV:

$$F(x) = pr(X < x) = exp\left\{-\left(1 - \frac{k(x-\varepsilon)}{\alpha}\right)^{1/k}\right\} \qquad (5)$$

donde,

F(x)=pr(X<x): función de distribución de frecuencia o probabilidad que un caudal X sea menor a un determinado valor x de caudal.

k, ε, α : parámetros de la distribución

Weibull:

$$F(x) = pr(X < x) = exp\left\{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^k\right\} \qquad (6)$$

donde,

F(x)=pr(X<x): función de distribución de frecuencia o probabilidad que un caudal X sea menor a un determinado valor x de caudal.

k, α : parámetros de la distribución

A los ajustes se les realiza también la prueba de bondad de Smirnov-Kolmogorov. Bajo esta prueba se calcula el estadístico, D:

$D = |P(X > Xo) - p|$ (8) (8)

tomando como probabilidad empírica "p" la obtenida por la fórmula de Gringorten:

$p = \frac{i-0.44}{n+0.12}$ (9)

Donde,

i : posición de un valor en una lista ordenada por magnitud ascendente.

n: número total de datos

Se acepta la distribución si D<=Dα, siendo α el nivel de significación.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5. Prueba de bondad del ajuste series completas de caudales máximos

Distribución	Niveles máximos (cm)	Caudales máximos (m3/s)
D crítico (α=5%)	0.27	0.18
D Gumbel ML	0.1358	0.1111
D Normal	0.1121	0.0832
D Log Normal	0.1189	0.0779
D Pearson III	No converge	No converge
D log Pearson III	No converge	No converge
D GEV	0.0726	0.0794
D Weibull	0.0846	0.092
Seleccionada	Weibull	Normal

Fuente: Elaboración propia

Se comprueba que todas las distribuciones de frecuencia cumplen de acuerdo al criterio de Smirnov-Kolmogorov, por lo que la selección de la distribución de mejor ajuste se realiza empleando el criterio Bayesiano de información (BIC):

BIC=2 Ln(L)+K ln(n) (10)

Siendo,

L: valor de verosimilitud obtenido para cada distribución.

K: número de parámetros de la distribución.

n: número de registros de la serie

A partir de este análisis (incluido en el anexo 2), la distribución finalmente empleada para los niveles máximos es la de Weibull y para caudales máximos la distribución Normal.

Los resultados de caudales máximas se tabulan a continuación.

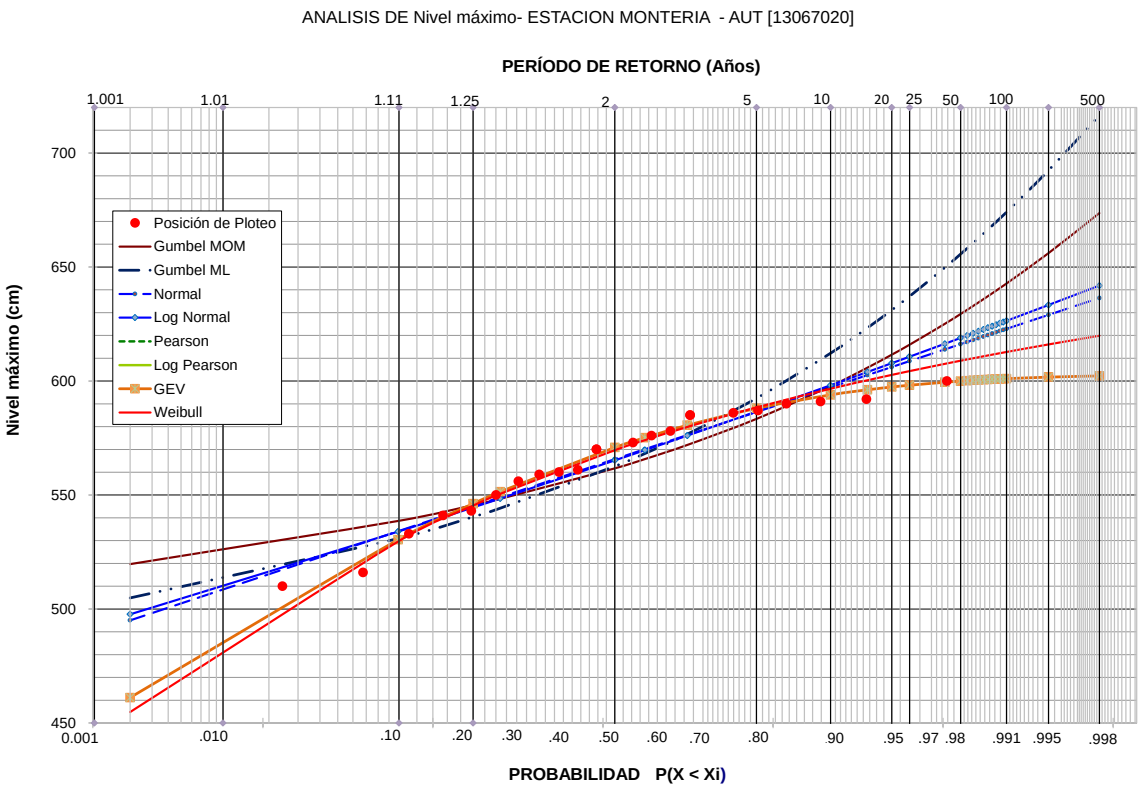
Tabla 3-6. Niveles y caudales máximos condición estacionaria

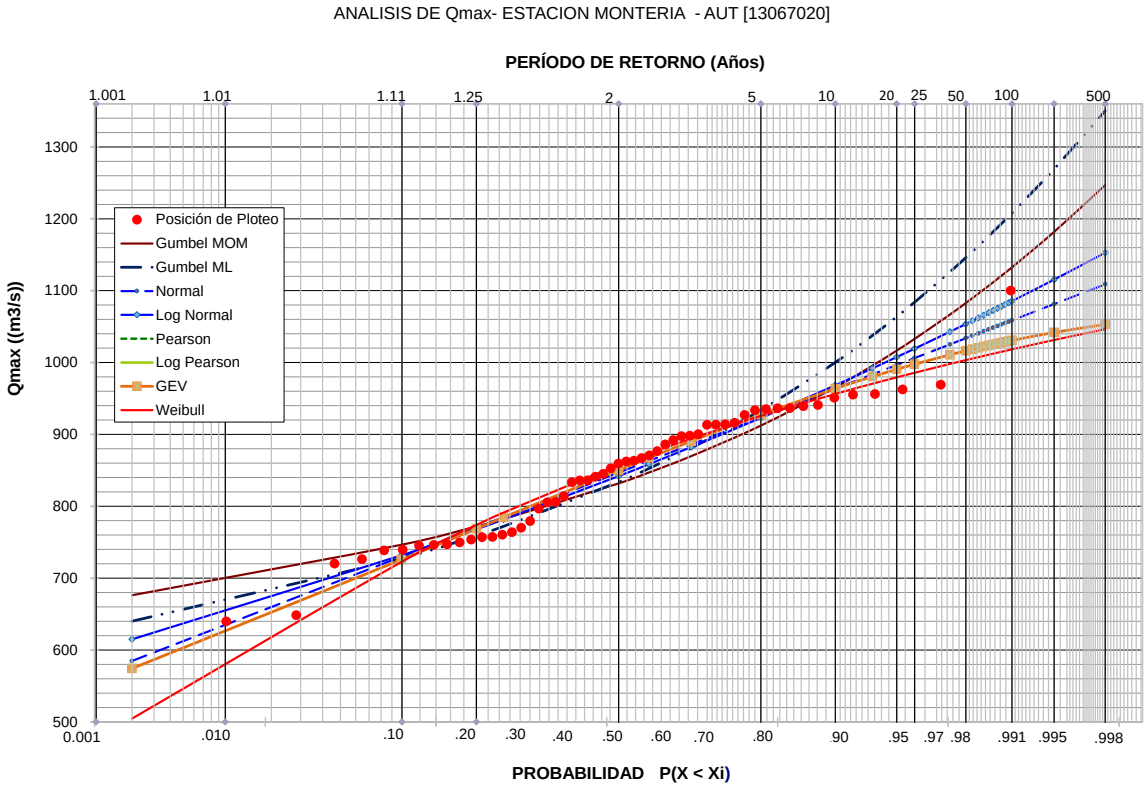
Período de retorno (años)	Niveles (cm)	Caudales (m3/s)
100	612.73	1.058.64
500	619.83	1.108.87

Fuente: Elaboración propia

Gráficamente los resultados se aprecian en la Figura 7.

Figura 7. Niveles y caudales máximos condición estacionaria





Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Condición no estacionaria

Para la estimación de caudales no estacionarios, se emplea la misma metodología que en el caso estacionario, es decir, un análisis de frecuencia, solo que considerando diferentes series históricas.

En efecto, como lo recomiendan Poveda y Álvarez (2012) para los eventos máximos, se separan las muestras de años Niña, años Niño y restantes años (o no ENSO), así como muestras mixtas, generando dos muestras, la muestra 1(series Niño y Normal + serie Niña) y la muestra 2 (series Niño+ series Niña+series Normal) Para cada muestra el valor final resulta de ponderar por el número de datos de cada subgrupo.

Para cada uno de los grupos definidos se realiza entonces el mismo análisis realizado para la serie completa, el cual fue explicado en la sección anterior. Este análisis se incluye en el anexo 2.

Los resultados del análisis de frecuencia para distribuciones mixtas para cada variable de la estación Montería (empleando las distribuciones Weibull en niveles y Normal en caudales), se presentan en la Tabla 3-7.

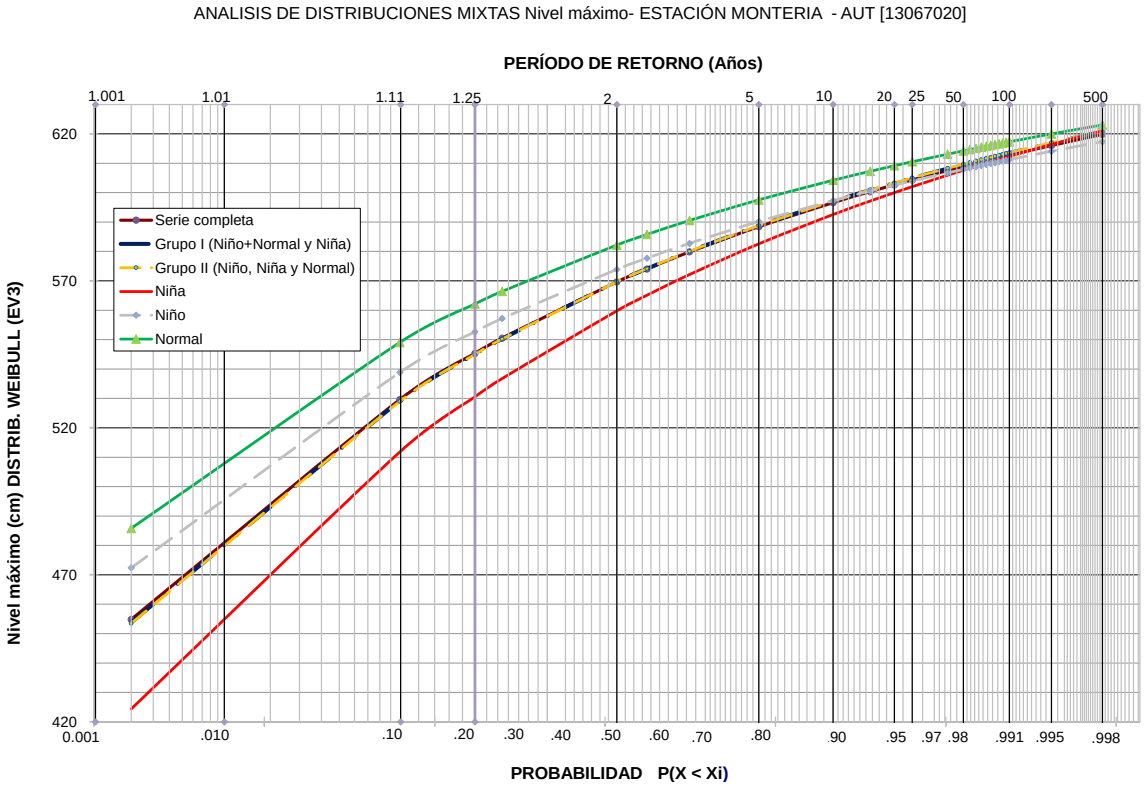
Tabla 3-7. Niveles y caudales máximos condición no estacionario

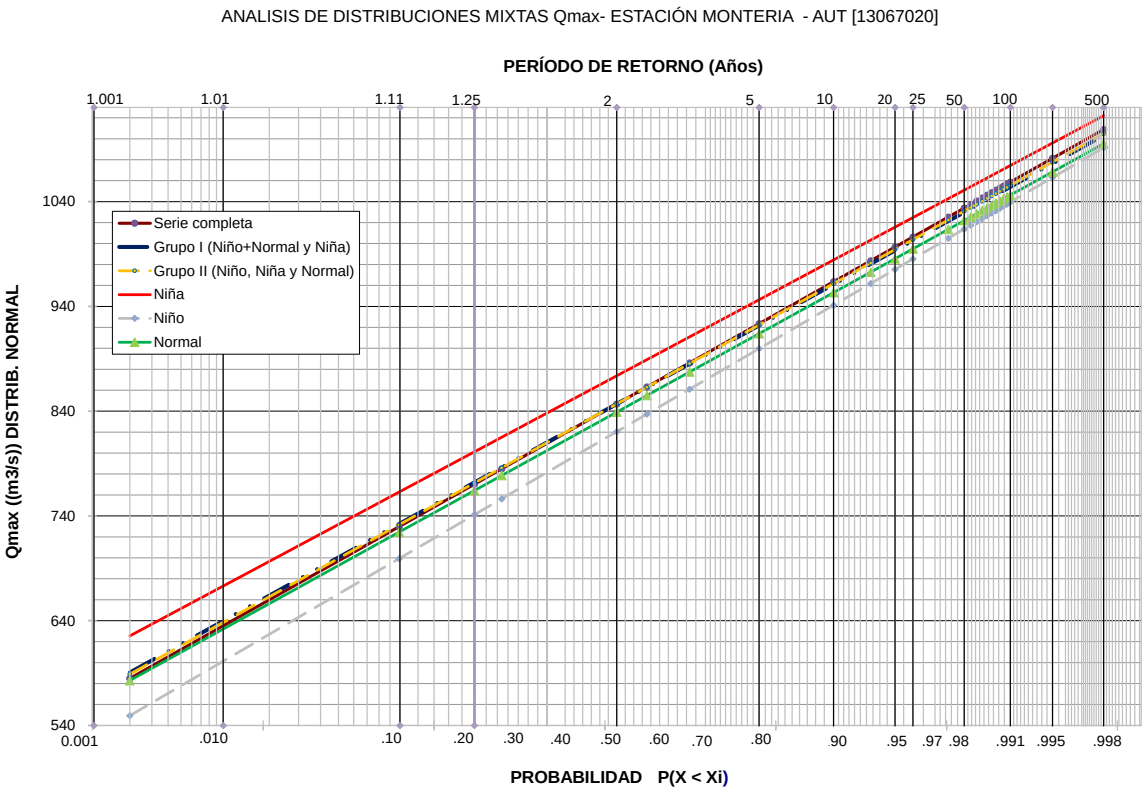
Muestra	Serie	Niveles (cm)		Caudales (m^3/s)	
		Tr=100	Tr=500	Tr=100	Tr=500
	Completa	612.73	619.83	1.058.64	1.108.87
I	Qniño y Qnormal	614.52	620.38	1.040.46	1.090.63
	Qniña	612.36	621.11	1.074.51	1.122.11
	Qponderado	613.48	620.73	1.054.08	1.103.23
II	Qniño	611.22	617.35	1.039.52	1.091.49
	Qnormal	617.32	623.08	1.046.20	1.095.32
	Qniña	612.36	621.11	1.074.51	1.122.11
	Qponderado	613.62	620.89	1.055.34	1.104.78
Seleccionado		617.326	623.08	1.074.51	1.122.11

Fuente: Elaboración propia

De estos valores máximos, se toman finalmente aquellos valores máximos: serie normal para niveles máximos y serie niña para caudales máximos. Esto se observa gráficamente en la Figura 8.

Figura 8. Niveles y caudales máximos condición no estacionaria





Fuente: Elaboración propia

Para transformar los niveles máximos en cotas máximas, a los valores máximos del escenario del año normal, se les suma el valor de la cota cero de la estación, el cual de acuerdo al levantamiento realizado en este proyecto, corresponde un valor de 10.13 msnm.

Así, los valores máximos finalmente obtenidos son:

Tabla 3-8. Niveles y caudales máximos en la estación Montería

Período de retorno (años)	Niveles (cm)	Niveles (msnm)	Caudales (m3/s)
100	617.32	16.30	1.074.51
500	623.38	16.36	1.122.11

Fuente: Elaboración propia

Para el puente los niveles máximos se establecen mediante la modelación hidráulica.

3.4 JUSTIFICACIÓN DE FÓRMULAS EMPLEADAS

En este estudio se ha aplicado la metodología más confiable para obtención de caudales, como lo es la de análisis de frecuencia de registros directos de niveles y caudales.

Los registros de las variables extremas de nivel y caudal muestran en general tendencias decrecientes, por lo que el análisis de frecuencia ejecutado se ha realizado para una condición no estacionaria, lo que da confiabilidad a las estimaciones realizadas.

De estos análisis, se han tomado los valores más altos, de las diferentes combinaciones recomendadas para análisis no estacionario, lo que ofrece un pequeño margen adicional de seguridad.

4 ESTUDIOS HIDRÁULICOS

El análisis hidráulico del puente consiste en determinar su perfil de flujo, lo que se realiza en dos etapas:

- Obtención del coeficiente de rugosidad de la corriente
- Cálculo del perfil de flujo

4.1 RUGOSIDAD DE LA CORRIENTE

La determinación del coeficiente de rugosidad de Manning, es un paso fundamental en el análisis hidráulico, pues a partir de su estimación se determinan las propiedades hidráulicas en la sección de cruce de los puentes.

Para calcular el coeficiente de rugosidad de Manning se emplea el método de Cowan en que se establece el coeficiente de rugosidad a partir de las características del cauce (Ven Te Chow, 1994).

Este método de Cowan modificado calcula el coeficiente “n” como:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5 \qquad (11)$$

donde n0 corresponde a la rugosidad del material del cauce (Ver anexo 3) y los restantes parámetros o factores que afectan el coeficiente de rugosidad y que respectivamente son: irregularidades en la superficie (n1); cambios de forma y tamaño de la sección (n2); obstrucciones (n3); vegetación y condiciones de flujo (n4) y estructura de los meandros (m5).

De acuerdo a la exploración y caracterización geotécnica, el material del lecho es arcilla, por lo que la rugosidad es baja. A partir de estas características se establece en la Tabla 4-1, unos coeficientes de rugosidad de 0.030 para el cauce y márgenes.

Tabla 4-1 Coeficientes de rugosidad n Manning

Factor		Margen izquierda		Cauce central		Margen derecha	
Material Involucrado	**n0**	Arcilla	0.025	Arcilla	0.025	Arcilla	0.025
Grado de Irregularidad	**n1**	Suave	0.005	Suave	0.005	Suave	0.005
Variaciones Sección Transversal	**n2**	Gradual	0.005	Gradual	0.005	Gradual	0.005
Obstrucciones	**n3**	Menor	0.000	Menor	0.000	Menor	0.000
Vegetación	**n4**	Nula	0.000	Nula	0.000	Nula	0.000
Meandros	**m5**	Menor	1.000	Menor	1.000	Menor	1.000
Rugosidad de Manning	**n**		**0.030**		**0.030**		**0.030**

Fuente: Elaboración propia

4.2 CÁLCULO DEL PERFIL DE FLUJO

El cálculo del perfil de agua en la zona de las corrientes se realiza con la ayuda del programa HEC-RAS desarrollado por el Hydrologic Engineering Center en su versión 6.5 de febrero de 2024. El procedimiento de cálculo de este programa, con el que se realiza el análisis, se basa en la solución de la ecuación de energía unidimensional por el método del paso estándar y la evaluación de las pérdidas de energía debidas a la fricción con la expresión de Manning.

Sus hipótesis principales son las de flujo estacionario (por lo tanto, no hay variación de la lámina de agua o de la velocidad con el tiempo, aunque tiene también la capacidad de flujo no permanente), gradualmente variado (es decir una distribución hidrostática de presiones) y unidimensional (la única componente de la velocidad es en la dirección del flujo, aunque puede ser bidimensional) y contornos rígidos (no se admite erosión o sedimentación en el cauce). El modelo se considera en una dimensión, pues el flujo se encuentra contenido dentro del cauce principal, siendo este el sentido predominante del flujo, por lo que no requiere una modelación de mayor detalle.

Los datos de entrada al modelo son:

Régimen del flujo: El programa HEC-RAS permite calcular de manera simultánea flujo de tipo Mixto, es decir, considerándolo subcrítico o supercrítico, aunque dada la baja pendiente el flujo es subcrítico.

La mira de la estación Montería se encuentra en la sección aguas abajo donde se inicia la modelación, por lo que la pendiente en este extremo, se ajusta por tanteos para lograr un nivel cercano al estimado a partir del análisis de niveles (Ver Tabla 4-2).

Tabla 4-2. Comparación niveles máximos modelaciones hidráulica e hidrológica

Período de retorno (años)	Niveles (msnm)	
	Modelación hidráulica	Análisis de frecuencia
100	16.35	16.30
500	16.57	16.36

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4-3, se presentan los parámetros asignados al modelo HEC RAS.

Tabla 4-3. Datos de entrada modelo hidráulico HEC RAS

Régimen de flujo	Mixto
Condición de frontera	Normal S=0.000037 m/m
Caudal (m3/s)	Q100=1.074.51 m3/s Q500=1.122.11 m3/s
Coeficientes de rugosidad (margen izq., cauce, margen der.)	0.030, 0.030, 0.030
Coeficiente de contracción	0.1
Coeficiente de expansión	0.3

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 4 se incluyen los archivos de los modelos HEC-RAS, cuyos principales resultados se presentan a continuación. En el anexo 6 se incluye la batimetría empleada en los análisis hidráulicos.

4.3 RESULTADOS HIDRÁULICOS DEL PUENTE

Las láminas de agua en el sitio del puente (sección aguas arriba) muestran una capacidad hidráulica suficiente, como se observa en la Tabla 4-4, la cual no produce ningún remanso hacia aguas arriba (Ver Figura 9).

Tabla 4-4. Resultados hidráulicos tercer puente Río Sinú

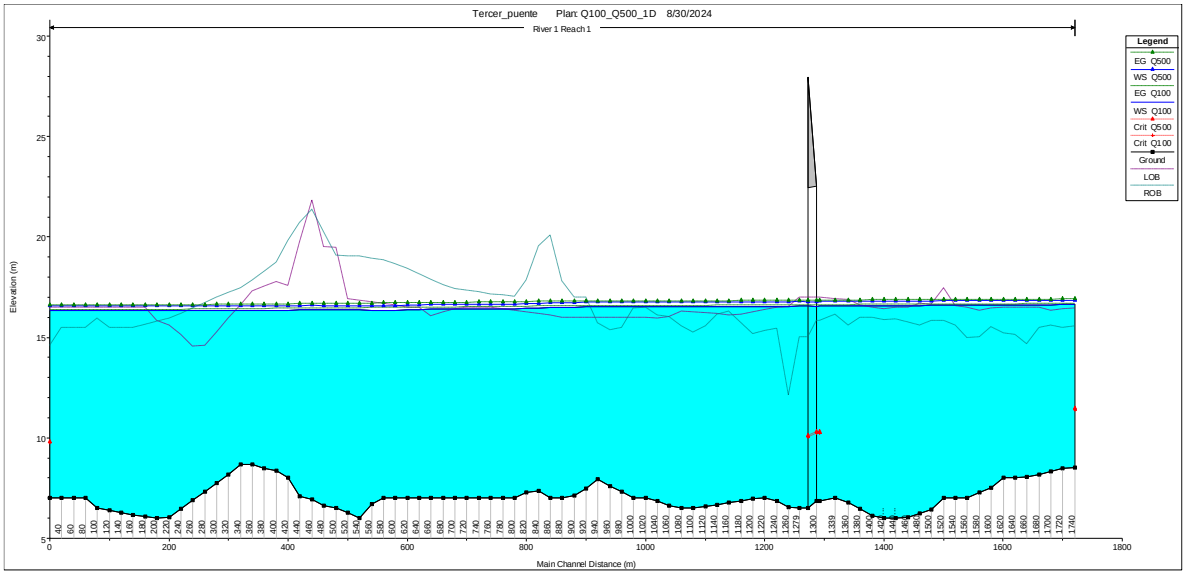
Período de retorno (años)	Cota inferior del puente (msnm)	Lámina de agua (msnm) (m)	Gálibo (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Ancho superior (m)	Número de Froude
100	19.29	16.55 (9.71)	2.74	1.16	161.70	0.12
500s	19.29	16.78 (9.94)	2.51	1.16	162.39	0.12

Nota: La cota inferior del puente se presenta para el inicio de la viga en la pila 1 (izquierda), que es la más crítica en cuanto al gálibo de la estructura.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 9, en general el flujo esta contenido dentro de la sección, produciéndose ligeros desbordes en secciones particulares, principalmente por la margen derecha, pues la margen izquierda se encuentra más elevada.

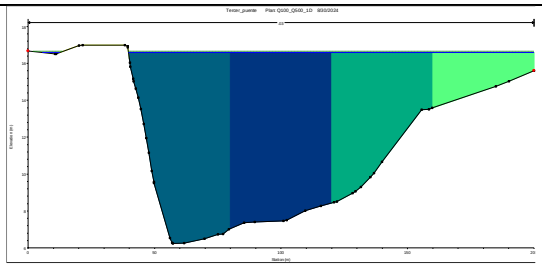
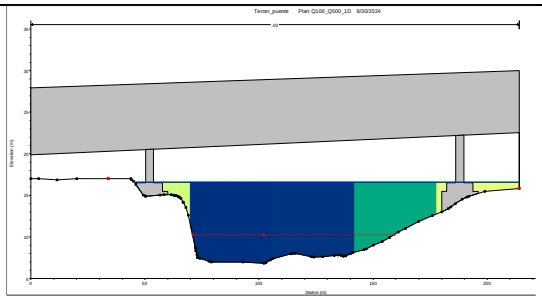
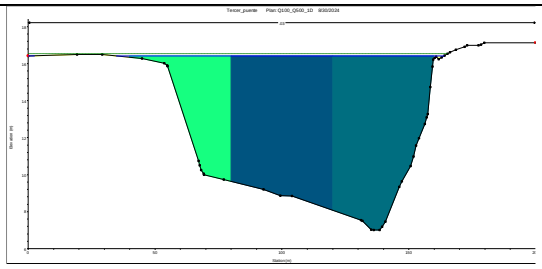
Figura 9. Perfil de flujo tercer puente Río Sinú



Fuente: Elaboración propia

Para los dos periodos de retorno considerado, se muestran en la Tabla 4-5 los resultados hidráulicos en secciones transversales características del flujo.

Tabla 4-5. Secciones transversales tercer puente Río Sinú

Sección modelación	Descripción	Figura
1480	Sección aguas arriba del puente con flujo subcrítico para ambos periodos de retorno, presenta por la margen izquierda capacidad hidráulica suficiente para el caudal de 500 años y pequeño desborde por la orilla derecha. La velocidad en el canal principal es de 1.08 m/s y número de Froude 0.14.	
Puente aguas arriba	Sección con flujo subcrítico. Se observan gálibos suficientes para los dos períodos de retorno analizados y un ligero desborde por el costado derecho. Es claro que sólo las pilas entran en contacto con el agua, en especial la pila 2 (derecha).	
780	Sección aguas abajo del puente con flujo subcrítico (NF=0.20 y 0.22) y velocidades entre 1.49 m/s y 1.50 m/s . No se observan desbordes por ninguno de los costados.	

Fuente: Elaboración propia.

5 ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN

5.1 DINÁMICA FLUVIAL

Dentro de los estudios previos (CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022) se desarrolló de forma extensa el Estudio de Dinámica Fluvial, el cual se acepta dentro de la actualización y ajuste que se realiza en este documento.

Este Estudio, se adjunta en el anexo 7 del informe, de donde se extracta la siguiente información relevante.

- **UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS**

El área donde se localiza el tercer puente proyectado se encuentra regionalmente en la provincia geomorfológica del Valle del Sinú, entre los cinturones plegados de Sinú y San Jacinto. En ella se presenta el registro de una variedad de procesos geológicos de índole estructural, denudacional y fluvial, que dejan en el paisajes una variedad de geoformas. Localmente la geoformas están asociadas principalmente a un ambiente fluvial, las cuales se describen a continuación. (Ver Figura 10).

Ambiente Fluvial y Lagunar

Incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de los materiales en las laderas aledañas a dichas corrientes tanto en épocas de grandes avenidas e inundación como en la dinámica normal de las corrientes perennes durante la época seca. Las unidades diferenciadas son:

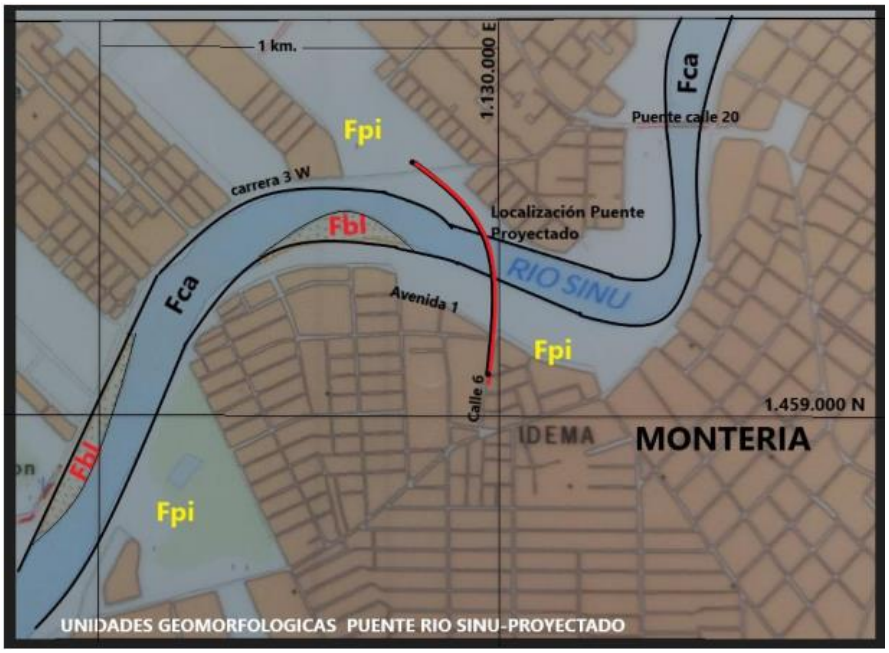
Plano o llanura inundación (Fpi): corresponde con una franja de terreno de morfología plana a ondulada que presenta áreas eventualmente inundables. Se localiza al lado y lado de los cauces fluviales como es el caso del rio Sinú, aledaños a la zona de trabajo y se sitúa en donde quedarían los estribos del puente. Esta unidad presenta pendientes planas a suavemente inclinadas con rangos que oscilan entre 0° y 5°.

Laguna (Flg): depósito natural de agua de dimensiones inferiores en relación con los lagos, tanto en área como en profundidad. Las lagunas de origen fluvial se relacionan con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad. Estas pueden permanecer Incluso en épocas secas ya que son pobremente drenadas. En la zona se ubican sobre depósitos aluviones recientes, al suroccidente y occidente del casco urbano del municipio de Montería, a 2,5 y 1,8 kilómetros respectivamente del proyecto del tercer puente.

Cauce aluvial (Fca): Esta unidad se restringe a ríos que fluyen en zonas planas a semiplanas, de la cuenca del río Sinú. Son canales de forma irregular, excavados por corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales, que depende de factores como la pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, que pueden persistir por grandes distancias; son de forma meándrica. Los tipos de erosión predominante en esta unidad son de fondo y lateral; los cauces aluviales están conformados por depósitos cuaternarios y barras longitudinales.

Barra longitudinal (Fbl): Estas barras están asociadas al río Sinú, al Sur del Municipio de Montería. Se localizan al interior de los cauces mayores, presenta forma elongada y convexa, en dirección paralela a la corriente, con la punta más larga en dirección de la misma. El origen está relacionado con la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones, que luego al disminuir el caudal quedan como remanentes que dividen la corriente. Están constituidas por arenas, limos con presencia de gravas finas; sedimentológicamente se les denomina barras de canal, o depósitos aluviales superficiales (Lla).

Figura 10. Unidades geomorfológicas representativas en el área de influencia del tercer puente.



Fuente: CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022

- **ANÁLISIS MULTITEMPORAL**

Para el desarrollo de este trabajo se analizaron los vuelos de fotografías aéreas de los años: 1945, 1952, 1959, 1.981, 1.985, y 2004. Todos los vuelos cubren el área de interés y el entorno inmediato donde quedarían las obras de cimentación o pilas del puente, en escalas aproximadas que varían entre 1:20.000 y 1.40.000. El vuelo del 2004 a escala 1:10.900.

A modo de apoyo y como fuente de información para años más recientes se usaron seis

imágenes de Google Earth, correspondiente a los años: 2.008, 2.012, 2.014, 2.017 y 2.29 y 2.021. De otro lado las planchas topográficas IGAC a escala 1:25.000 año 2009 y de los

años 1.981, 1.988 a escala 1:10.000. Adicionalmente se contó para el análisis con el mapa geológico y el mapa geomorfológico, planchas 61 a escala 1:100.000.

En la

Tabla **5-1** se presenta el inventario de imágenes de sensores remotos y mapas usados.

La metodología para el análisis fotogeológico y de las imágenes de Google Earth se basó de un lado en la diferenciación de los parámetros generales como el tono, textura, rugosidad, tamaño, geometría, regularidad etc. de los elementos observados en ellas, así como la identificación de la evolución o cambio a través del tiempo de estos elementos y en general de los rasgos del paisaje o geoformas.

Los cambios que se analizaron fueron desde un enfoque morfodinámico, haciendo un comparativo entre las diferentes imágenes y planos, de tipo gravitacional, escorrentía laminar, uso de la tierra, fluvial, etc., evaluando los agentes originadores de procesos erosivos dominantes en la dinámica propia que haya tenido el área.

Con base en lo anterior se identificaron las formaciones superficiales del área, y en general rasgos asociados a procesos erosivos como escarpes, efectos antrópicos, erosión laminar, etc.

Hay que aclarar que el estudio también depende de la calidad de las imágenes, en este caso, en general, los vuelos para el análisis multitemporal tienen una buena cobertura en el área de interés, pero es difícil diferenciar procesos morfodinámicos más allá de la franja adjunta al Río Sinú.

Por otra parte, las imágenes de Google son monoscópicas y no todas tienen buena calidad; por ejemplo, la del año 2008 y 2012 no tienen buen contraste, pero si mejora para las años del año 2017 2021, obteniéndose la mejor imagen la de 2019.

Los mapas topográficos dan buenos detalles de la morfología del rio para la época en que fueron realizados. De lo anterior el mapa de procesos morfodinámicos y formaciones superficiales es resultado de la integración de la información de todo el conjunto de imágenes y mapas y en él se incluyen rasgos que claramente existentes en cada una de las imágenes o que se observan en una o más de ellas. A continuación, se presentan los resultados.

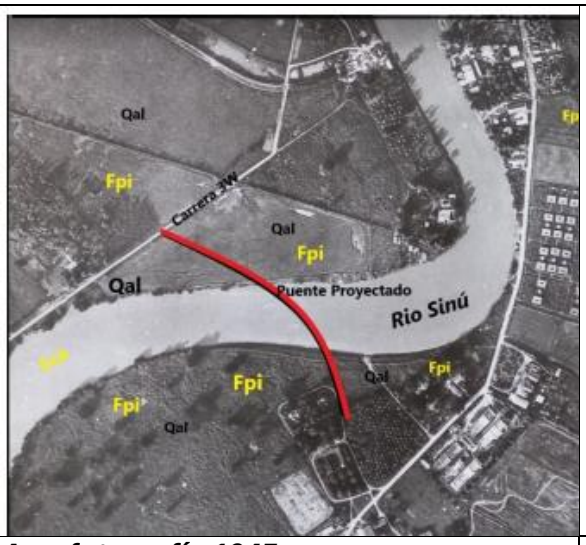
Tabla 5-1. Vuelos de fotografías aéreas consultadas, imágenes de Google Earth

AÑO	VUELO	FOTOS	ESCALA
1945	R.7 (S-23 A) (S-23B)	273-275 316-317	1:40.000
1952	C-632	141 142 143 144	1:30.000
1959	C-908	207 208	1:20000
1.981	c-2012	12 13 14 15	1:20.700
1.985	C -2228	232 233 234	1:21.300
2004	C-2719	55 56 57	1.10.900
1999	Plancha Geológica 61 Montería		1:10.0000
2015	Plancha Geomorfológica 61 Montería		1:10.0000
1981 y 1988	Plancha Topográfica IGAC		1:10.000
2009	Plancha topográfica IGAC 61-IIIA		1:25.000
2008/ 2021	Google earth		

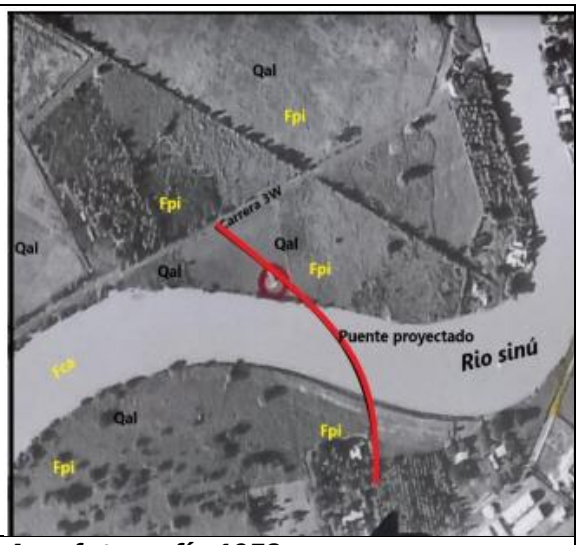
Fuente: CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022

Finalmente, para enriquecer el producto del presente informe, se usaron datos y resultados logrados por la cartografía geológica y geomorfológica de la plancha 61 de Montería. El propósito final es facilitar la toma de decisiones por parte de quienes tienen la responsabilidad final del proyecto. A continuación, se ilustra la forma y evolución del Rio Sinú en el sector donde se implanta el estudio y diseño del tercer puente en el casco urbano de Montería con fotografías aéreas desde el año 1945. (Ver Figura 11).

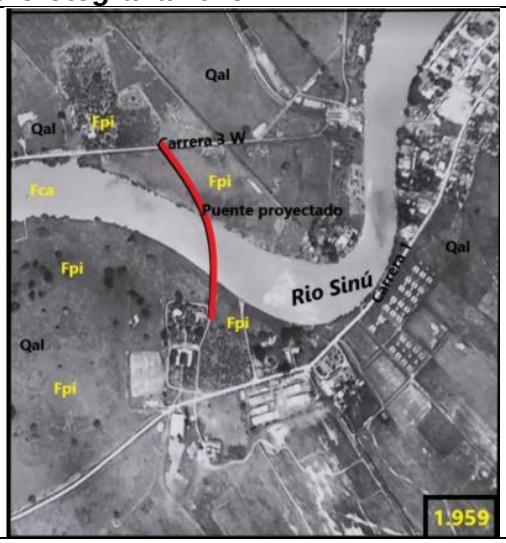
Figura 11. Fotografías aéreas de diferentes años



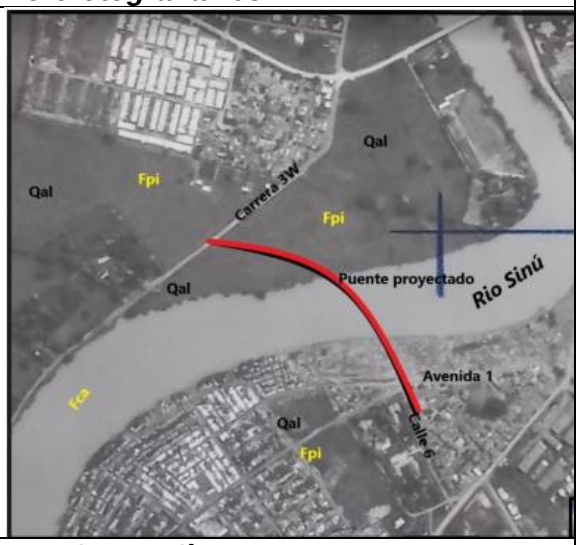
Aerofotografía 1945



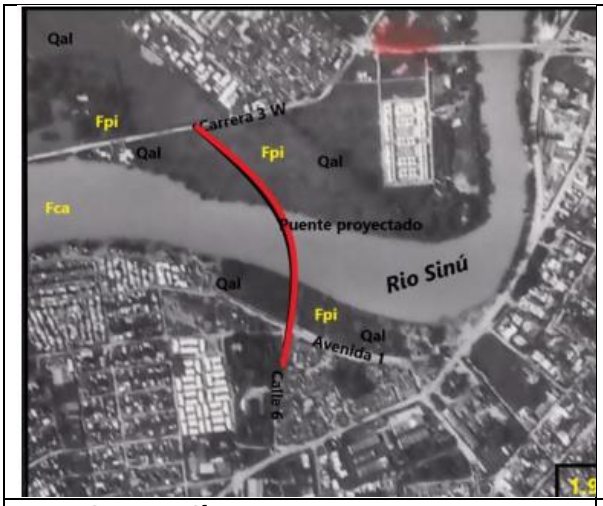
Aerofotografía 1952



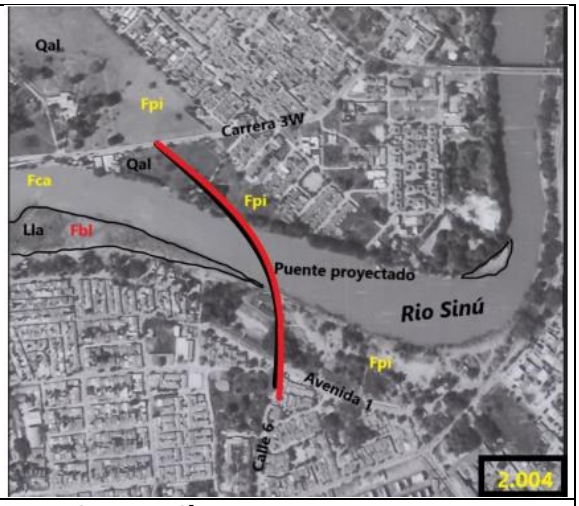
Aerofoto grafía 1959



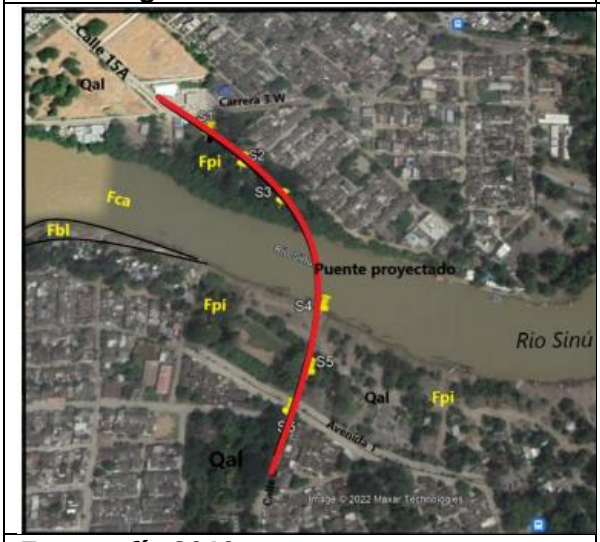
Aerofotografía 1981



Aerofotografía 1985



Aerofotografía 2004



Fotografía 2019

Fuente: CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022

De manera general la geomorfología del área de los alrededores del rio Sinú corresponde a una superficie plana de muy poca inclinación, tal vez del orden de un grado, máximo dos y con una baja densidad de drenaje, la cual pertenece a la superficie de lo que se conoce como depósitos aluviales del cuaternario. El rio Sinú es sinuoso, de cauce meandriforme, en donde la margen externa se erosiona muy lentamente, y la margen interna se sedimenta formando barras longitudinales de canal, observables en las fotografías aéreas del 2.004 y en la imagen de Google del 2019.

Un punto de referencia para determinar la velocidad de migración de cauce es la vía existente desde el año 1.945, y que hoy día se conoce como carrera 3W. Por las escalas de la fotografías no es posible determinar el avance o migración del cauce, tan solo es observable en campo. (Ver Figura 12).

Figura 12. Socavación de la orilla izquierda del Rio Sinú, cerca de la carrera 3.



Fuente: CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022

La cimentación de los estribos del diseño para el tercer puente se localizan sobre depósitos sedimentarios aluviales del Cuaternario, donde se presenta una morfología plana o llanura de inundación, como se aprecia en las figuras 13 y 14.

Comparando las fotografías aéreas de diferentes años, así como las imágenes de Google, la morfología del cauce del rio se mantiene, amplia en los sectores cóncavos y menos ancha en los sectores tangenciales. La altura del área específica de los sitios seleccionados para la implementación de los estribos del puente está en el orden de los 15 y 16 m.s.n.m. ver fotos aéreas e imágenes Google earth y perfil geológico (Ver Figura 15).

La geomorfología del cauce del rio se mantiene, amplia en los sectores cóncavos y menos ancha en los sectores tangenciales. La altura del área específica de los sitios seleccionados para la implementación de los estribos del puente está en el orden de los 15 y 16 m.s.n.m. ver fotos aéreas e imágenes Google earth y perfil geológico. Figura 29.

Figura 13. Área seleccionada para la construcción de los estribos del puente, lado izquierdo.



Fuente: CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022

Figura 14. Área seleccionada para la construcción de los estribos del puente, lado derecho.

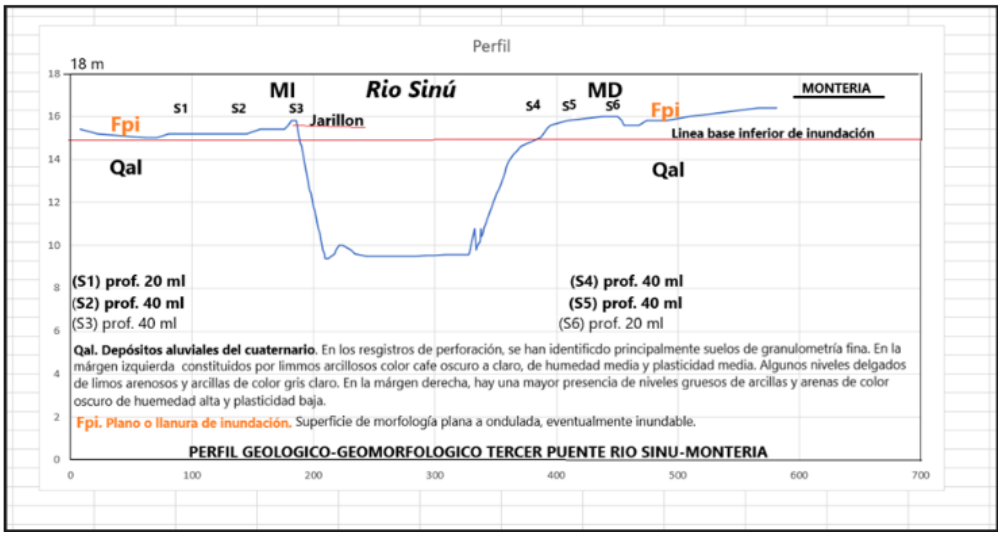


Fuente: CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022

La geomorfología local está fuertemente relacionada a la génesis de los depósitos aluviales, al clima cálido con temperatura media anual en 26.7°C con precipitaciones de 2255mm; y a los procesos erosivos y los procesos antrópicos. Para contrarrestar los procesos erosivos, en la orilla izquierda del rio, se han construido espolones, jarillones, protección con enrocados y la barreras vivas que se aprecian en las fotografías aéreas desde el año 1.945.

Actualmente en el sitio donde se implantaría la cimentación del estribo izquierdo del puente se observa un bosque, el cual no existía en el año 1.945 (Ver Figura 16).

Figura 15. Perfil geológico-geomorfológico. Tercer puente Rio Sinú – Montería.



Fuente: CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022

Figura 16. Levantamiento topográfico en el terreno donde se proyecta la construcción de las pilas en la margen izquierda del puente en depósitos aluviales Qal de morfología plana o llanura de inundación.



Fuente: CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022

De otro lado, se observa es que el comportamiento del Río de acuerdo con las imágenes de sensores remoto no es muy variable, conserva siempre su morfología, sin que se pueda determinar por las escalas de las imágenes, cuánto ha migrado la orilla izquierda. Los procesos de socavación se evidencian mejor es en el campo, pero parece que la migración ha sido de pocos metros en los últimos 77 años, por algunos de los árboles de gran tamaño que se conservan en la orilla y otros están en riesgo de volcamiento (Ver Figura 17). Es importante conservar, proteger e implementar estas barreras vivas contra la erosión.

Figura 17. Barrera viva que controla la erosión y socavación del Rio Sinú.



Fuente: CONSORCIO PUENTE SINU-FIA, Septiembre 2022

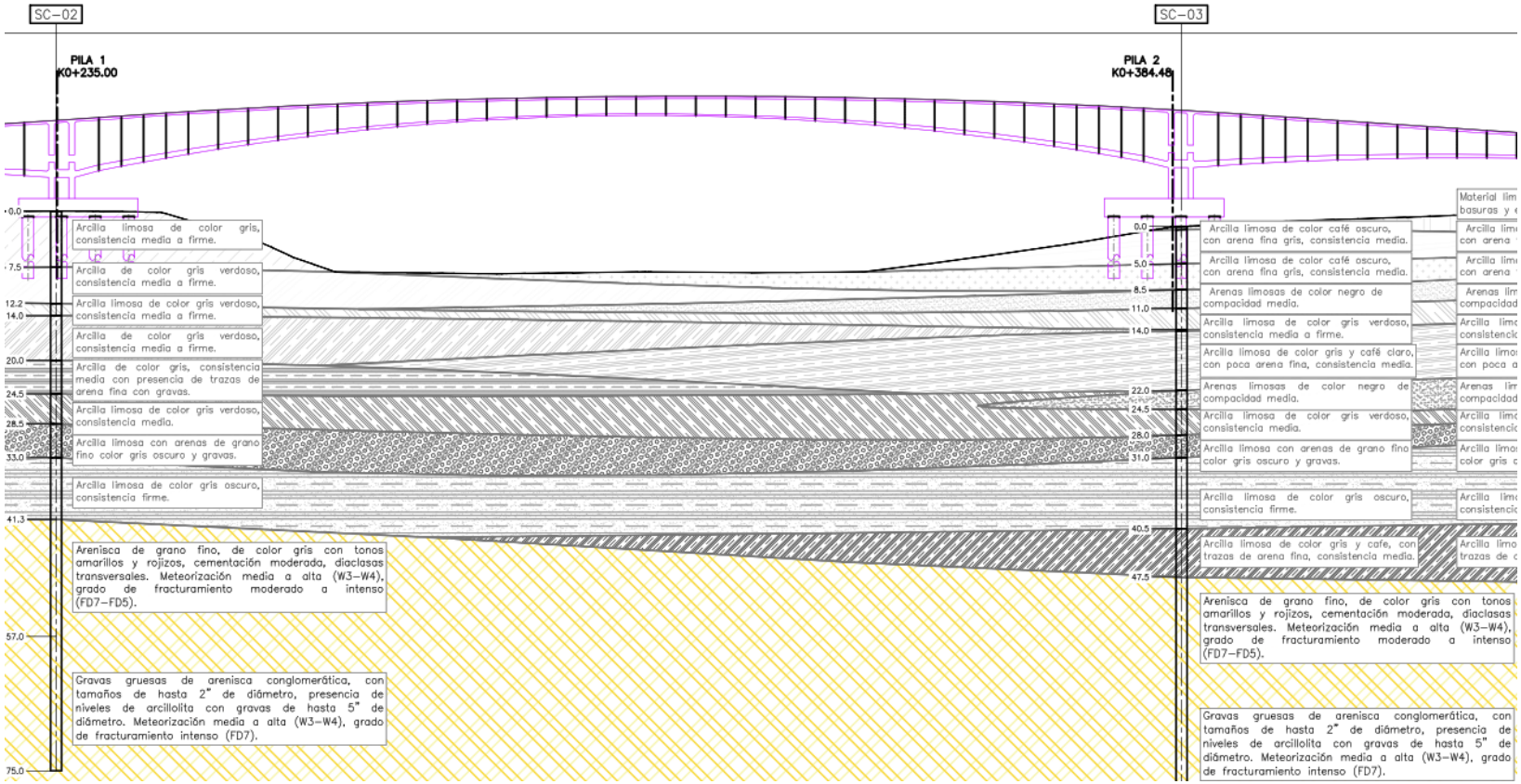
Finalmente, - De acuerdo con los registros de las fotografías aéreas desde 1.945 e imágenes de Google earth, la geometría y morfología del rio Sinú en el área de influencia de los estudios y diseños, no ha variado mucho, tan solo se considera una evolución en la socavación menor, tal vez de unos pocos metros, lo cual se considera de muy bajo riesgo para las estructuras.

5.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE CAMPO

El análisis de socavación para el tercer puente sobre el río Sinú, parte de las variables hidráulicas estimadas en el análisis hidráulico descrito en el anterior capítulo y de las características de la estratigrafía de la infraestructura, la cual se presenta en la Figura 18.

. De esta Figura, se concluye con claridad que el material del lecho es arcilla, hasta una profundidad entre 40 y 47 m, donde se detecta arenisca de grano fino.

Figura 18. Perfil estratigráfico tercer puente del río Sinú



Fuente: Geosoluciones (2024)

5.3 APLICACIÓN DE LAS TEORÍAS DE SOCAVACIÓN

La socavación se calcula como el efecto combinado de las socavaciones general, transversal o por contracción (por estrechamiento de la sección) y local en pilas y estribos.

La socavación general es el descenso del fondo de un río cuando se presenta una creciente debido al aumento de la capacidad de arrastre de material sólido y se presenta de manera natural con puente o sin él.

La socavación por contracción o erosión en un estrechamiento es el descenso del fondo del cauce en aquellas secciones donde por construcción de obras (terraplenes de acceso) dentro del río se reduce el ancho aumentando la velocidad.

La socavación local es el descenso del fondo debido a la presencia de pilas y estribos de un puente cuando estos no se apoyan en un estrato rocoso de competencia suficiente para soportar la socavación.

Para el tercer puente se analizan los tipos de socavación general, por contracción y en pilas, pues los estribos no entran en contacto con el flujo.

5.3.1 Socavación general

Para suelos arcillosos, la socavación general se estima con la expresión de Lischtvan-Lebediev, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Y_s = \left[\frac{\alpha Y_0^{5/3}}{0.60\beta\mu\emptyset\gamma_d^{1.18}}\right]^{1/(1+X)} \qquad (12)$$

En que,

Ys: profundidad desde el nivel del agua hasta el lecho socavado (m).

α: Coeficiente de sección dependiente de las características hidráulicas.

$$\alpha = \frac{Q_d}{B_e Y_m^{5/3}} \qquad (13)$$

Siendo,

Qd: caudal de diseño)m3/s).

Be: ancho del canal (m).

Ym: Profundidad media (m).

Y_0: Lámina de agua (m).

β: Coeficiente de frecuencia.

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 log(Tr) \qquad (14)$$

Con,

Tr: período de retorno (años).

μ: Coeficiente de contracción. μ=1 si no hay obstáculos.

ϕ: Coeficiente de corrección por forma de transporte de sedimentos.

$$\phi = 1 \qquad \text{si } \gamma_{as}=1.0 \text{ t/m}^3 \text{ (agua clara)}$$

$$\phi = -0.54+1.5413\,\gamma_{as} \qquad \text{si } \gamma_{as}>1.0 \text{ t/m}^3 \text{ (lecho móvil)} \qquad (15)$$

γ_{as}: peso específico de la muestra agua sedimento (t/m^3).

γ_d: peso volumétrico seco del material (t/m^3).

X: variable dependiente del peso volumétrico.

$$X = 0.892619 - (0.58073\gamma_d) + (0.136275\gamma_d^2) \qquad (16)$$

5.3.2 Socavación por contracción

Para el cálculo de la socavación por contracción en suelos arcillosos se sigue el procedimiento de la FHWA (HEC18, 2012), el cual presenta la ecuación (17).

$$y_{s-ult} = 0.94y_1\left[\frac{1.83V_2}{\sqrt{gy_1}} - \frac{K_u\sqrt{\frac{\tau_c}{\rho_w}}}{gny_1^{1/3}}\right] \qquad (17)$$

Donde,

y_{s-ult}: socavación última para el material cohesivo (m).

y_1: profundidad media del flujo aguas arriba (m).

V_2: velocidad media en la sección contraída (m/s).

g: aceleración de la gravedad (m/s^2).

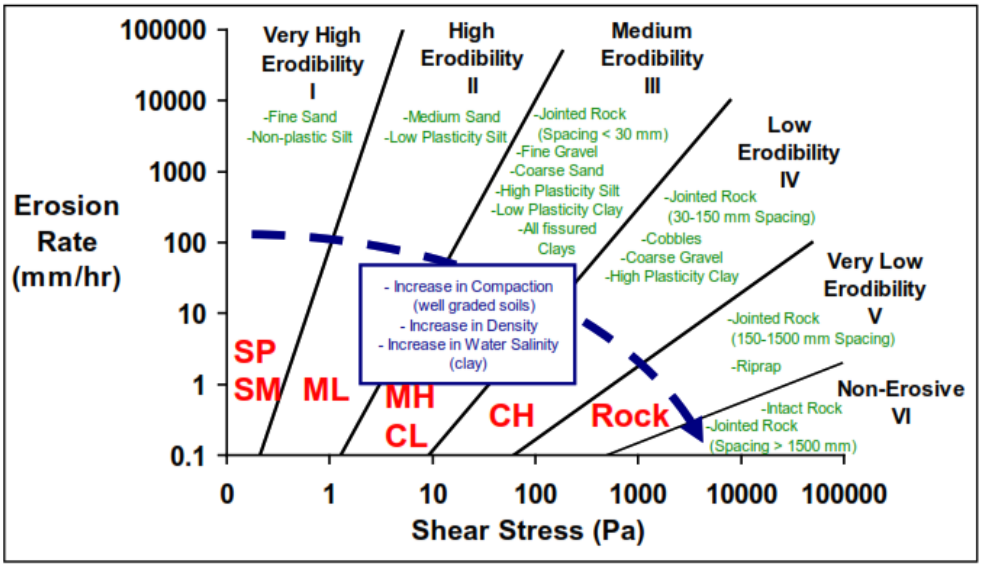
Ku: 1 para unidades en el sistema internacional.

ρ_w: densidad del agua (kg/m^3).

n: rugosidad de Manning.

τ_c: esfuerzo cortante crítico (Pa=N/m^2).

Figura 19. Relación generalizada de socavación en materiales cohesivos



Fuente: FHWA (HEC 18, 2012)

En función de la clasificación del material, el esfuerzo crítico puede ser asumida como el valor mínimo del eje x en la Figura 19. Así, para la pila 1 (Sondeo SC02 M1 profundidad 0.50-1.0 m) el tipo de material se clasifica como CL, con lo que el valor asumido para τ_c=1.5 Pa.

5.3.3 Socavación en pilas

Para la socavación de pilas en suelos cohesivos se emplea la ecuación de Briaud et al (2011, en FHWA HEC 18, 2012).

$$y_s = 2.2K_1K_2a^{0.65}\left(\frac{2.6V_1-V_c}{\sqrt{g}}\right)^{0.7} \qquad (18)$$

Siendo,

Ys: Profundidad de socavación local en pila

K_1: Factor de corrección por forma de la nariz de la pila. Se obtiene de la Tabla 5-2.

Tabla 5-2. Factor de corrección por forma de la pila, K_1

Forma nariz pila	K_1
Cuadrada	1.1

Forma nariz pila	K_1
Redondeada	1.0
Circular	1.0
Grupo de cilindros	1.0
Triangular	0.9

Fuente: Guevara Álvarez, 2001.

K_2: Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo. Obtenido de la Tabla 5-3 o de la ecuación (19).

Tabla 5-3. Factor de corrección por ángulo de ataque, K_2

Ángulo	L/a=4	L/a=8	La=12
0	1.0	1.0	1.0
15	1.5	2.0	2.5
30	2.0	2.75	3.5
45	2.3	3.3	4.3
90	2.5	3.9	5.0

L: longitud de la pila, a: ancho de la pila, L/a es máximo 12

Fuente: Guevara Álvarez, 2001.

$$K\theta = \left(cos\,\theta + \frac{L}{a} sen\theta\right)^{0.65} \qquad (19)$$

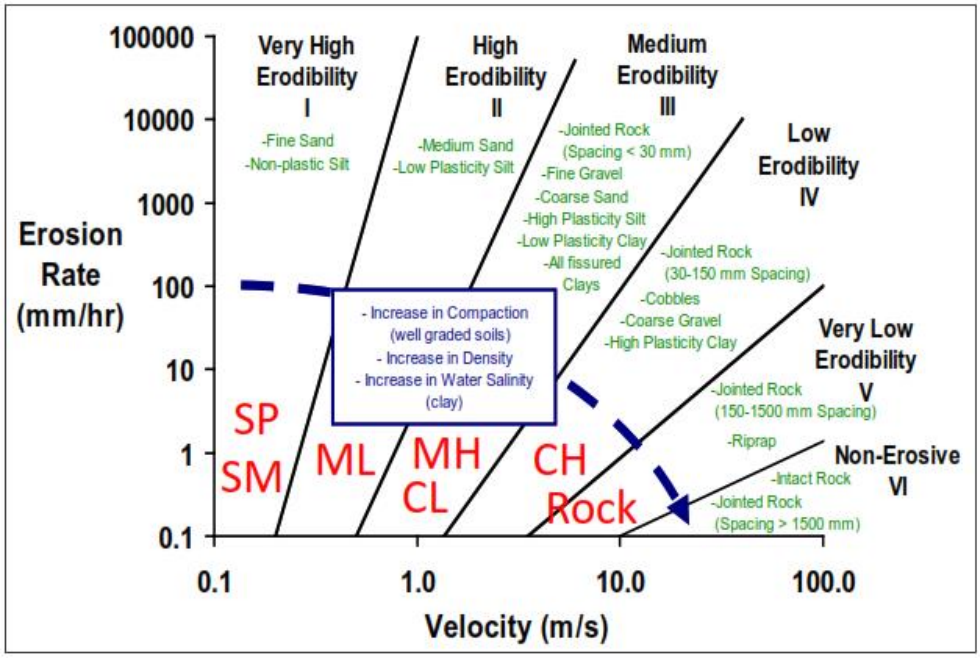
a: Ancho de la pila (m).

V_1: Velocidad promedio del flujo aguas arriba de la pila (m/s).

Vc: Velocidad crítica para inicio de la erosión en suelos cohesivos (m/s). Obtenida por la práctica de un ensayo específico o en su ausencia como la velocidad para una tasa de erosión de 0.1 mm/h. Para el material tipo CL, Vc=0.70 m/s.

g: aceleración de la gravedad (m/s^2).

Figura 20. Tasa de erosión vs velocidad para diferentes materiales



Fuente: Briaud (2011, en FHWA HEC 18, 2012)

5.4 PROFUNDIDADES DE SOCAVACIÓN

En el anexo 5, se presentan en detalle los cálculos que se resumen a continuación.

Tabla 5-4. Cálculo socavación general

Qd (m3/s)	Tr (años)	A (m2)	Be (m)	Y0 (m)	γas (t/m3)	γd (t/m3)
1074.51	100	928.84	161.7	3.74	1.60	1.71
1122.11	500	965.56	162.39	3.51	1.60	1.71

Tr (años)	Ym (m)	α	β	μ	ϕ	X	Ys (m)	Socav. (m)
100	5.74	0.36	1.24	1.00	1.88	0.30	1.17	**0**
500	5.95	0.35	1.40	1.00	1.88	0.30	0.97	**0**

Fuente: Elaboración propia.

Para ninguno de los dos períodos de retorno: 100 años (diseño) o 500 años (verificación) se produce socavación general.

Tabla 5-5. Cálculo socavación por contracción

Variable	Tr=100 años	Tr=500 años
Profundidad media del flujo aguas arriba, y1 (m):	5.74	6.04
Velocidad promedio del flujo en la sección contraída, V2 (m/s):	1.16	0.93
Esfuerzo de corte crítico, τ_c (N/m2):	1.5	1.5
Rugosidad de Manning, n:	0.03	0.03
Ku: 1 para unidades SI, 1.486 para unidades US	1	1
Aceleración de gravedad, g (m/s2):	9.81	9.81
Densidad del agua, ρ_w (kg/m3):	1000	1000
Profundidad de socavación última, $y_{s\text{-}ult}$ (m):	**1.13**	**0.85**

Fuente: Elaboración propia.

La socavación por contracción es de 1.13 m para un período de retorno y de 0.85 m para el período de retorno de 500 años.

Tabla 5-6. Cálculo socavación local en pilas

Variable	Tr=100 años	Tr=500 años
Longitud de la pila, L (m):	20.5	20.5
Ancho de la pila, a (m):	16	16
Ángulo de ataque de la corriente, θ (rad):	0.80	0.80
Velocidad crítica para inicio de la erosión del material cohesivo, vc (m/s):	0.70	0.70
Aceleración de gravedad, g (m/s2):	9.81	9.81
Factor de corrección por forma de la nariz de la pila, K1	1.1	1.1
Velocidad promedio del flujo aguas arriba de la pila, V1 (m/s):	0.25	0.30
Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo, K2	1.37	1.37
Profundidad de socavación local en pila, ys (m):	**0**	**1.54**

Fuente: Elaboración propia.

Para el período de retorno de 100 años, la velocidad en la pila es muy baja u no se produce socavación, mientras que para un período de retorno de 500 años, se incrementa originando una profundidad de socavación de 1.54 m.

Tomando los valores máximos estimados se tienen las siguientes profundidades se socavación, aplicables a ambas pilas:

Tabla 5-7. Cálculo socavación total

Tipo socavación	Profundidad (m)
General	0
Contracción	1.13

Tipo socavación	Profundidad (m)
Local pilas	1.54
Total	2.67
Total seleccionada:	**3.50**

Fuente: Elaboración propia.

La máxima socavación estimada es de 2.67 m, pero por seguridad, se recomienda tomar una profundidad adicional de 0.83m, para alcanzar un valor total de 3.50 m, la cual es aplicable a ambas pilas.

Los resultados finales se presentan en la Figura 21.

6 CONCLUSIONES

El tercer puente sobre el río Sinú, se localiza muy cerca de la estación limnimétrica Montería-Automática, por lo que, para determinar sus niveles máximos, así como sus caudales máximos, es correcto emplear directamente los registros medidos en esta estación.

Dado que estos registros de niveles y caudales máximos de la estación Montería, muestran una tendencia en el tiempo, incumpliendo estos últimos, supuestos fundamentales para el análisis de crecientes, se hace necesario para ambas variables realizar el análisis de frecuencia en condiciones no estacionarias, como el aquí realizado.

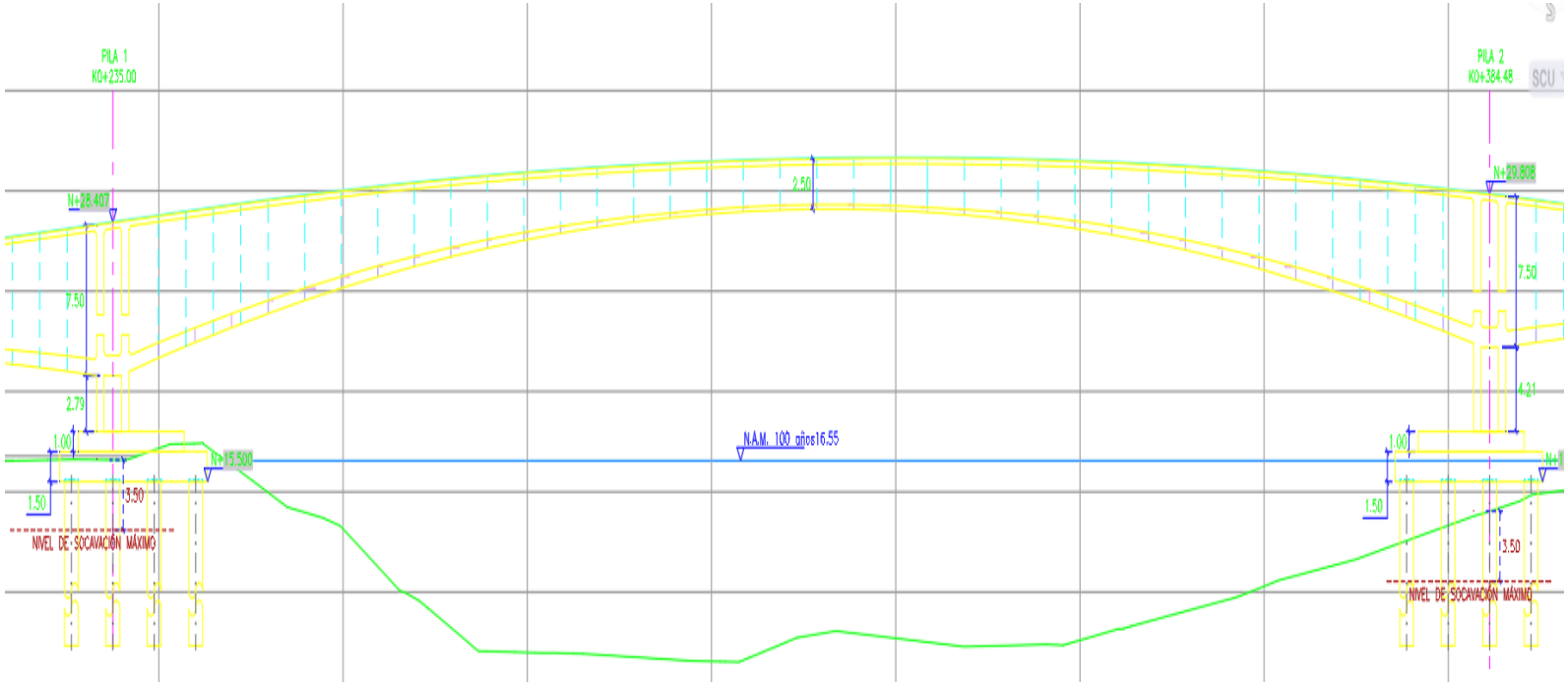
Para una descripción de los niveles de precipitación en la zona del puente, no se dispone de estaciones cercanas y con gran longitud de sus registros, por lo que la respectiva información aquí presentada, es de carácter informativo.

Dado que los desbordes de la corriente por fuera de su sección transversal son mínimos, el análisis hidráulico se realiza de tipo unidimensional, tomando como condición de frontera las condiciones medidas en la estación Montería, lo que lleva a obtener una modelación hidráulica bastante coincidente con las condiciones conocidas de la corriente, dentro de la ciudad.

El perfil de flujo muestra que los flujos máximos de diseño (100 años) y verificación (500 años) sólo tocan las pilas, asegurando gálibos mínimos de 2.50 m en el inicio de la viga, donde es mas gruesa.

Al tratarse de un suelo arcilloso, con mayor resistencia a la socavación, los cálculos no arrojan socavación general, pero si de contracción y local en las pilas, las que al considerar una profundidad adicional de 0.83 m por seguridad, alcanzan un valor máximos de 3.50 m de profundidad de socavación, el cual es aplicable para las pilas 1 y 2.

Figura 21. Resultados hidráulicos y de socavación tercer puente río Sinú.



Fuente: Elaboración propia

7 BIBLIOGRAFÍA

CONSORCIO PUENTE SINU-FIA. Volumen VI Hidrología, Hidráulica y Socavación edición 1.Septiembre 2022.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATIO, FHWA. Evaluation Scour at Bridges, Fifth Edition. Hydraulic Engineering Circular No. 18. April 2012.

GEOSOLUCIONES SAS. Volumen Geotecnia Tercer puente sobre el Río Sinú. 2024.

GUEVARA ÁLVAREZ María Elvira. Socavación en puentes. Universidad del Cauca. Popayán, marzo de 2001.

POVEDA Germán y ÁLVAREZ Diana Milena. El colapso de la hipótesis de estacionariedad por cambio y variabilidad climática: implicaciones para el diseño hidrológico en ingeniería. Universidad de los Andes Revista de ingeniería # 36., enero-junio 2012, pp 65-76.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Invias, Ministerio de Transporte. Manual de drenaje para carreteras. Bogotá. Invias. 2009.

VEN TE CHOW. Hidráulica de canales abiertos. McGraw Hill. Bogotá, 1994.

Respuesta_Oficio_CPRS-046-2024_Inf_Mens_1_V2.pdf

CONSORCIO CI SINÚ
NIT: 901793751 - 3

CTE-460-0103-2024

Montería, 01 de octubre de 2024.

Señor:
Fernando Amar Garzón
Representante Legal consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com
CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 701, Santa Bárbara
Bogotá D.C

Referencia: CONTRATO DE INTERVENTORIA No. PAF-ATINVIAS-I-110-2023 INTERVENTORÍA INTEGRAL (TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA, CONTABLE, AMBIENTAL, SOCIAL, PREDIAL Y JURÍDICA) PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RÍO SINÚ EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA VIAL PARA LA CONEXIÓN DE TERRITORIOS EL CRECIMIENTO SOSTENIBLE Y LA REACTIVACIÓN 2.0

Asunto: Respuesta oficio CPRS-046-2024. Observaciones al Informe Mensual 1. Versión 2.

Respetado Señor Amar:

Informamos que hemos concluido la revisión de la Información proporcionada en el oficio que se describe en el Asunto de esta misiva y damos a conocer comentarios y observaciones respecto al oficio CPRS-046-2024 y del Informe Mensual de ejecución No. 1, Versión 2, así:

1.- Comentarios al oficio CPRS-046-2024:

a.- En el oficio con relación a la observación 3 se comenta: “**RESPUESTA A LA OBSERVACIÓN 3: No encontramos que se nombre dicho oficio en la página mencionada**.”, verificando hemos encontrado que se atendió la observación como se puede determinar a continuación:

Contenido del documento “24-08-08 – INFORME MEJORAMIENTO MENSUAL No. 1” donde se observa resaltada la observación indicada.

3 VOLUMENES III Y IV, ESTUDIO DE GEOLOGIA Y ESTUDIO DE SUELOS PARA FUNDACIONES

En este documento se presenta un informe de las actividades desarrolladas entre el 24/04/2024 y el 23/07/2024, como parte de las actividades de consultoría y trabajo de campo realizados para el estudio de suelos complementario para el diseño de fundaciones de puentes, otras estructuras y obras complementarias del tercer puente sobre el Río Sinú. Lo anterior considerando las diferentes actividades definidas en el documento de metodología presentado en el oficio GSI-186-07-CPRS-24. Las actividades realizadas al 23/07/2024 se han centrado en la revisión de antecedentes, la ejecución de trabajos de campo (exploración del subsuelo), y la caracterización del subsuelo; a continuación, se presentan los aspectos principales desarrollados a la fecha de corte en cada ítem.

Contenido del documento “Informe de Mejoramiento Mensual No. 1 (25-09-24) V3, presentado para

revisión con oficio CPRS-046-2024, fue atendida la observación.

4 AVANCE VOLUMEN IV, ESTUDIO DE SUELOS PARA FUNDACIONES

En este documento se presenta el informe de las actividades desarrolladas entre el 05/07/2024 y el 23/07/2024, como parte de las actividades de consultoría y trabajo de campo realizados para el estudio de suelos complementario para el diseño de fundaciones de puentes, otras estructuras y obras complementarias del tercer puente sobre el Río Sinú. Lo anterior considerando las diferentes actividades definidas en la metodología. Las actividades realizadas al 23/07/2024 se han centrado en la revisión de antecedentes, la ejecución de trabajos de campo (exploración del subsuelo), y la caracterización del subsuelo; a continuación, se presentan los aspectos principales desarrollados a la fecha de corte en cada ítem.

b.- La respuesta dada por el contratista a la Observación 4 que a la letra indicaba "*(…) 4.- Se reitera la solicitud de indicar el nombre de las empresas que están llevando a cabo los diferentes estudios de campo, como son sondeos, ensayos de piezocono, exploración geofísica, topografía, y demás que se hayan ejecutado en el periodo.* (…)" fue "**RESPUESTA A LA OBSERVACIÓN 4. No se entiende la relevancia de nombrar la empresa en el informe, adicionalmente nunca se había solicitado lo dicho antes por parte de la interventoría**.". Se aclara que la razón por la cual el contratista debe suministrar la información de las empresas que llevan a cabo diferentes actividades del Mejoramiento de Estudios y Diseños es poder llevar la trazabilidad al momento de la presentación por parte del contratista de los reportes de los pagos de los aportes parafiscales relativos al Sistema de Seguridad Social Integral, así como los propios al Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar – ICBF y las cajas de compensación familiar, además que debe demostrar la relación comercial que existe entre dichas empresas y el Consorcio Puente Río Sinú.

c.- Con relación a la observación 6 que a la letra dice: ""(…) *6.- Se realiza nuevamente la solicitud en el sentido que las fotografías deben estar fechadas. Páginas 9, 10, 11 y 12. (…)*", se aclara que tal solicitud se realiza de acuerdo con lo establecido en el documento contractual "ANEXO DE CONDICIONES CONTRACTUALES", el cual es el contrato de obra, en el punto **10.4.5 OBLIGACIONES DE LA INFORMACIÓN DE LA OBRA,** aparte a, Presentar **informes mensuales**, los cuales deberán ser aprobados por la INTERVENTORÍA y contener como mínimo: enciso 4, Registros fotográficos, donde se observe el antes y después de las actividades, y tomas aéreas. La única forma de tener claridad sobre el antes y el después de una fotografía es con la fecha, por ello la solicitud de fechar los registros fotográficos que se incluyan en los informes mensuales de ejecución y es una obligación del contratista.

d.- Con relación a la observación 7, la respuesta dada por el contratista no aplica por cuanto al momento de hacer el envío de las observaciones con el oficio CTE-460-0090-2024 no se había recibido el oficio que cita el contratista en su respuesta y que corresponde al CPRS-038-2024 del 5 de septiembre de 2024 como vemos a continuación:

Oficio remitido por el Consorcio Ci Sinú, el día 5 de septiembre de 2023, a las 9:59 am.:

Interventoría Sinú

De: Interventoría Sinú
Enviado el: jueves, 5 de septiembre de 2024 9:59 a. m.
Para: Consorcio RioSinu; Cesar Augusto Triviño Amar
CC: CORRESPONDENCIA FINDETER; JOSE LUIS CALA ESTUPINAN; LUZ MARINA PEREZ SUA; Margarita Sabino; s.infraestructura@monteria.gov.co; egongut@gmail.com; Jorge Luis Taján De avila
Asunto: Oficio CTE-460-0090-2024. Respuesta oficio CPRS-033-2024
Datos adjuntos: CTE-460-0090-2024 - Respuesta oficio CPRS-033-2024.pdf

Cordial saludo.

Nos permitimos remitir a usted el oficio CTE-460-0090-2024 con respuesta al oficio CPRS-033-2024, con Asunto: Respuesta comunicado CTE-460-0077-2024, Observaciones al Informe Mensual No. 1.

Atentamente,

CONSORCIO CI SINÚ

Datos del envío del oficio por parte del contratista, el día 5 de septiembre de 2023, a las 3:52 pm.:

De: Consorcio RioSinu <consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com>
Enviado el: jueves, 5 de septiembre de 2024 3:52 p. m.
Para: Interventoría Sinú <proyecto460sinu@consultecnicos.com>
CC: jlcala@findeter.gov.co; LUZ MARINA PEREZ SUA <LMPEREZ@findeter.gov.co>; correspondencia@findeter.gov.co; s.infraestructura@moteria.gov.co; infra.msabino@gmail.com
Asunto: CPRS-038-2024 Entrega Volúmenes III y IV para revisión de Interventoría

Respetado Ing. Jorge,

Reciba un cordial saludo,

De manera atenta estamos remitiendo los VOLUMENES III y IV preliminares referentes al mejoramiento de estudios y diseños, incluyendo anexos, en el marco del Contrato LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es la CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, para su revisión.

Quedamos pendiente de sus comentarios.

Cordialmente,

e.- Con respecto a la observación 10, precisamente se solicitaba incluir en el informe la actividad ejecutada el día 23 de julio, con relación al sondeo SC-03 donde se alcanzó una profundidad de 14.50 metros de perforación, y que el contratista no había relacionado. Se anexa registro.



2.- Comentarios y observaciones al documento al informe mensual No. 1, Versión 1 y sus anexos.

a.- Documento “01. INFORME MENSUAL DE PROYECTO No. 1 (23-09-24) V1.pdf”.

1) Revisar la información consignada en el último párrafo de la introducción referente al número de pilotes por cimentación de pilas.

2) En el punto 3, Información del contrato, en el aparte 3.1 Cuadro de información general se solicita pasar para el final del cuadro las filas con la información referente a:

   - ✓ Interventoría: Consorcio CI Sinú. Y
   - ✓ Contrato de Interventoría No.: PAF-ATINVIAS-I-110-2023.

   Así como está escrito en el informe, da la sensación de que el modificatorio No. 1 fuera del contrato de interventoría.

3) En el punto 4.1, Maquinaria y Equipo, formato MINFRA-MN-IN-15-FR-4, faltó relacionar el siguiente equipo: a. el equipo con que se realizó el estudio sísmico (Exploración geofísica líneas de refracción sísmica), y b. Equipos de topografía con que localizaron la localización de los puntos de la cimentación de pilas, estribos y tubería de 18" de veolia.

   Además, el formato MINFRA-MN-IN-15-FR-4 debe ser actualizado, ya que la información que muestra no está acorde con lo acontecido en campo, así:

   - ✓ Equipo Petty Modificada 001: estuvo en reparación el día 9, el día 11 y, entre el 12 y el 18 de julio.
   - ✓ Equipo Geoprobe 6712DT: trabajó dos días realizando los ensayos de piezocono o CPTu, un día en cada lado del río. Se debe actualizar la información.

4) En el punto 4.2, Personal, Control de Aportes Legales y Seguridad Social Contrato, faltó incluir el siguiente personal que laboró en el periodo: a. Delia Cruz Carrillo Gonzales. Profesional social; b.- José David López Álvarez. Ingeniero; c.- Juan Andrés Martínez Pulido. Ing. Forestal; y el personal de la comisión topográfica, que fueron un topógrafo y dos cadeneros. Observación no atendida de oficio CTE-460-0090-2024.

   En el siguiente cuadro se puede apreciar el estado de los pagos de seguridad social de acuerdo con los soportes presentados. Las celdas en color gris hacen referencia a los registros de pagos faltantes.

No.	NOMBRE	CC No.	CARGO	ARL (a)	AFP (p)	EPS (s)	ABR			MAY			JUN			JUL			AGO		
							s	p	a	s	p	a	s	p	a	s	p	a	s	p	arl
1	Fernando Amar Garzón	9.777.464	Director de	Colmena	Colpensiones	SALUD TOTAL										✓		✓			
2	Cesár A. Triviño Amar	79.980.600	Residente de	ARL Sura	Colpensiones	FAMISANAR										✓	✓	✓			
3	Adrian Guerra Montañez	79.058.138	Coordinador	ARL Sura	Porvenir	FAMISANAR										✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Juan Manuel Rueda	1.099.367.512	Operador	ARL Sura	Porvenir	FAMISANAR										✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Edwin Fernandez	1.144.107.279	Operador	ARL Sura	Porvenir	FAMISANAR										✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	David Leonardo Velandia	1.015.463.255	Ingeniero	Positiva	Porvenir	FAMISANAR										✓	✓	✓			
7	Nestor Eduardo Echeverria	79.453.534	Auxiliar de	Positiva	Colpensiones	FAMISANAR										✓	✓				
8	Carlos Andres Moreno	1.024.519.507	Ingeniero	Positiva	Colpensiones	FAMISANAR										✓	✓	✓			
9	Edgar Hernan Forero	19.294.293	Ing. Geotecnista	Positiva	Colpensiones	FAMISANAR										✓		✓			
10	Jairo Hernando Rojas	19.315.366	Geologo	-	Proteccion	FAMISANAR										✓	✓				
	Delia C. Carrillo González		Profesional social																		
	José David López Alavarez		Ingeniero.																		
	Juan A. Martinez Pulido		Ing. Forestal.																		
			Topografo																		
			Cadenero 1																		
			Cadenero 2																		

5) En el punto 4.5 Seguimiento Garantías y Seguros Del Contrato, se solicita indicar los amparos,

ya que se debe tener en cuenta que las fechas de vigencia no son iguales para los diferentes amparos, ellos son:

- ✓ Cumplimiento de contrato.
- ✓ Pago de salarios, prestaciones sociales legales e indemnizaciones laborales.
- ✓ Estabilidad y calidad de obra.
- ✓ Buen manejo y correcta inversión del anticipo.
- ✓ Devolución pago de anticipo.
- ✓ Calidad del servicio.
- ✓ RCE. Predios labores y operaciones.
- ✓ RCE. Contratistas y subcontratistas.
- ✓ RCE. Vehículos propios y no propios, contratistas y subcontratistas.
- ✓ RCE. Perjuicios extrapatrimoniales.
- ✓ RCE. Daño emergente y lucro cesante.
- ✓ RCE. Responsabilidad civil patrimonial.

6) Se debe incluir anexo con la correspondencia incluyendo los respectivos anexos y soportes.

7) Se debe incluir el Anexo Registro Fotográfico de las actividades ejecutadas, con registros fechados.

8) Revisar las observaciones puntuales realizadas en el documento “01. INFORME MENSUAL DE PROYECTO No. 1 (23-09-24) V1.pdf”

9) Revisar las observaciones puntuales realizadas en el documento “MINFRA-MN-IN-15-FR-4 MAQUINARIA Y EQUIPO INFORME MENSUAL No. 1.2.xls” que hace parte del anexo 1.

b.- Con relación al Anexo 5 del presente informe mensual tenemos las siguientes observaciones:

1) En el último párrafo del punto 3.1, Revisión de Antecedentes, se menciona la Tabla 1, se solicita la identificación de la tabla que se menciona.

2) Incluir en el informe las fotografías aéreas relacionadas en la tabla 1 y que fueron consultadas en el respectivo volumen.

3) En el punto 3.2 Trabajos de Campo se indica que ilustran el reconocimiento de campo al sitio del proyecto en el presente mes. Se solicita actualizar el registro fotográfico ya que con excepción de la foto “**Vista ejecución sondeo SC-02m margen izquierda río Sinú.”,** las demás fotografías no corresponden al periodo del mes. Se recuerda al contratista que debe incluir fotografías fechadas.

4) En el punto 3.3 caracterización del subsuelo se solicita revisar el contenido por cuanto a la fecha de la finalización del periodo del informe el sondeo SC-02 no se había concluido, encontrándose parcialmente ejecutado.

5) En el punto 3.4 Registro Fotográfico, se solicita que se incluyan registros fotográficos del sondeo SC-03 (día 23/07/24), del CPTU-SC-01, CPTU-SC-02, LRSC-01 y del LRSC-02, para evidenciar y dejar la trazabilidad de las actividades ejecutadas.

6) En el punto 7.1 Desarrollo de trabajos, se indica que se han celebrado reuniones de trabajo por lo cual se solicita Incluir la trazabilidad de las reuniones celebradas, actas, registro fotográfico, conclusiones, etc.

7) Se solicita que en el anexo 5 se incluyan conclusiones y recomendaciones.

8) Revisar las observaciones puntuales realizadas en el documento “Anexo 5 - Informe de Mejoramiento de Estudios y Diseños.pdf”.

c.- Con relación al Anexo 6 - Informe de Gestión Ambiental, se tienen los siguientes comentarios y observaciones:

1) El informe mensual de Gestión Ambiental No 1. V2 presentado, solo hace referencia al componente forestal y al permiso de aprovechamiento forestal, sin embargo, en el informe también se deben incluir todos los permisos ambientales, licencias y autorizaciones que aplican para el proyecto, además de describir el estado actual y la gestión realizada para el trámite de cada uno.

2) En el informe se debe incluir y describir la correspondencia enviada y recibida referente al componente ambiental.

3) En el informe se reporta que el inventario forestal se ejecutó en un 100%, sin embargo, se recuerda que el inventario forestal en la margen derecha inició el 25 de julio y que el día 6 de agosto, se terminaron de inventariar los árboles ubicados en el predio 1A en la margen izquierda, los cuales, si bien no se van a aprovechar, fueron levantados con el fin de realizar el avalúo de dicho predio.

4) Dentro de los anexos no se debe entregar el inventario forestal, por cuanto a la fecha de cierre del periodo del informe no se había concluido.

5) En el punto 4.5 CARATERIZACIÓN DE FAUNA, se debe indicar el avance que se llevaba hasta la fecha de corte del informe. Se recuerda que el 31 de julio se realizó la caracterización de fauna en el predio 1A en la margen izquierda.

6) Las fotos reportadas en la caracterización de fauna no corresponden a la fecha indicada y no hacen parte del periodo del informe.

7) Revisar las observaciones puntuales realizadas en el documento “INFORME GESTIÓN AMBIENTAL No. 1. V2.pdf”

d.- Con relación al Anexo 8 - Informe de Gestión Predial, se tiene la siguiente observación:

- Se solicita complementar la información ya que hacen falta los soportes correspondientes al anexo 5 de dicho documento, referente a los permisos de intervención voluntaria de los lotes 1 y 1A.

Atentamente,

CONSORCIO CI SINU

JORGE LUIS SIERRA BUELVAS
Director de Interventoría.

Con Copia:
lmperez@findeter.gov.co Luz Marina Pérez Sua
s.infraestructura@monteria.gov.co Iris Spath Camaño
infra.msabino@misena.edu.co Margarita Sabino

CONTRATO No. LP-SIM-024-2023

OBJETO DEL CONTRATO:

CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



INFORME MENSUAL DE PROYECTO No. 1 V01

BOGOTA D.C, 24 DE ABRIL AL 23 DE JULIO DE 2024

	Elaboró	Revisó	Aprobó
Firma:			
Nombre:	César A. Triviño	Fernando Amar	Fernando Amar
Cargo:	Residente de Consultoría	Director de Consultoría	Director de Consultoría

CONTROL DE CAMBIOS		
Versión	Fecha	Descripción del Cambio
V00	13-sep-24	Elaboración inicial
V01	23-sep-24	Corrección de observaciones por parte de la Interventoría.según oficio CTE-460-0090-2024

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 4
2 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 5
2.1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 5
2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO 6
3 INFORMACIÓN DEL CONTRATO 8
3.1 CUADRO DE INFORMACIÓN GENERAL 8
3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EJECUTADAS EN EL MES 11
3.3 SEGUIMIENTO A ITEMS NO PREVISTOS 14
4 REPORTE DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO 14
4.1 MAQUINARIA Y EQUIPO 14
4.2 PERSONAL, CONTROL DE APORTES LEGALES Y SEGURIDAD SOCIAL CONTRATO 14
4.3 INFORME FINANCIERO Y PRESUPUESTAL 15
4.4 RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO 15
4.5 SEGUIMIENTO GARANTÍAS Y SEGUROS DEL CONTRATO 15
4.6 SEGUIMIENTO AL PLAN DE CALIDAD 16
4.7 OTROS DOCUMENTOS DE SEGUIMIENTO MENSUAL 16
5 RELACIÓN DE CORRESPONDENCIA 16
6 CONCLUSIONES 16
7 RECOMENDACIONES 16
8 ANEXOS 16

1 INTRODUCCIÓN

La construcción del TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ ubicado en la ciudad de Montería (Córdoba), es un proyecto que surge por el incremento de la demanda a nivel institucional, comercial y de entretenimiento, y debido a la construcción de nuevos barros se genera la necesidad de interconexión por el mayor volumen de personas que requieren transitar entre los dos sectores que une dicha estructura en ambas márgenes del rio Sinú, por otro lado, es importante tener en cuenta que la vía conecta a Montería con el sector de Arboletes existiendo un intercambio comercial importante y la movilización de un número importante de personas.

En la actualidad la ciudad de Montería cuenta con dos (2) puentes que comunican ambos sectores de la ciudad los cuales son el puente Gustavo Rojas Pinilla inaugurado en el año 1960 y el puente Segundo Centenario inaugurado en el año 2006, sin embargo, el crecimiento de la ciudad durante los últimos 15 años ha sido exponencial tanto a nivel económico como en población, por lo cual la interconexión actual entre ambos márgenes del rio se ha vuelto insuficiente a nivel de infraestructura, con lo cual nace la necesidad de proyectar un tercer puente sobre el Rio Sinú.

En virtud de lo anterior, dentro del Plan de Desarrollo Municipal “Plan de la Gente 2020-2023”, se proyectó la construcción del Tercer puente sobre el Rio Sinú, lo cual proyecta generar una mejor calidad de vida de los habitantes de la zona de influencia y disminuyendo los tiempos de viaje entre los sectores de ambas márgenes del rio.

Así las cosas, las empresas **Concrearmado Ltda** y **Sistemas Especiales de Construcción S.A.S**, reconocidas a nivel nacional por su amplia trayectoria en la construcción de obras de infraestructura vial principalmente puentes vehiculares formaron el **Consorcio Puente Rio Sinú**, con el fin de participar en la licitación pública LP-SIM-024-2023 CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA impulsada por el INVIAS y la Secretaria de Infraestructura del municipio de Montería, en el marco del Convenio Interadministrativo No. CD-SIM-569-2023, firmado entre el Municipio de Montería y FINDETER el 28 de junio de 2023, con el objetivo de unir esfuerzos para ejecutar el presente proyecto.

Con base en lo anterior le fue adjudicado el Contrato LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es la CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, al Consorcio Puente Rio Sinú el 14 de diciembre de 2023.
Sin embargo, de acuerdo con los diseños Fase III presentados por el INVIAS a través del Contrato No. 1550 de 2021, se encontró que el trazado inicial del puente en la margen derecha del rio se sobrepondría al barrio La Coquera sobre la calle 6,

en el municipio de Montería, lo que generó inconformidad y desacuerdo entre la comunidad del sector, es así que por ende los representantes de INVIAS Y FINDETER, establecieron que era necesario considerar alternativas de mejora en el trazado del puente y su diseño en general. Por tal razón el interventor del proyecto le presentó una solicitud formal al Consorcio Puente Rio Sinú con el fin de obtener una propuesta de mejoras a los estudios y diseños iniciales.
Siendo aprobada la propuesta para la mejora de estudios y diseños, las partes perfeccionaron el Modificatorio No. 1 del contrato, donde se incluyeron dichas labores, como producto de las acciones de mejoras el trazado del puente fue modificado con los siguientes tres puntos principales entre otros:

1. La ubicación y los niveles iniciales de los dados de los dos apoyos centrales del puente, los cuales se encontraban por debajo de la cota de la lámina de agua del rio, fueron reubicados y puestos sobre el nivel de las aguas del rio.

2. El trazado inicial se implantaba sobre la Calle 6 donde recientemente se había hecho la construcción de la vía y adicionalmente se encuentran del orden de 28 predios, generando una afectación bastante importante en la comunidad de la zona. Para lo cual en la margen derecha del rio se modificó el trazado quedando la salida del puente en la margen derecha paralela a la Carrera 1, lo cual evita la afectación sobre el barrio la Coquera.

3. Por otro lado, el trazado inicial se cruzaba con un par de vías al costado sur o en la margen derecha del rio, que implicaban unas obras adicionales donde se plantearon inicialmente cubrir sus luces con vigas simplemente apoyadas.

En conclusión, el mejoramiento del diseño del proyecto consta de dos (2) terraplenes de entrada, estribos para su aproche en cada costado, dos apoyos centrales sobre el nivel de las aguas del rio Sinú, dos (2) pilas principales recibidas por 25 pilotes, superestructura del puente en el sistema de voladizos sucesivos con una luz central de 150m y dos luces exteriores de 75m cada una.

2 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El cruce sobre el río Sinú, se localiza al oeste de la ciudad de Montería, capital del departamento de Córdoba como vía de acceso trazado paralelo a la Carrera 1 via que posteriormente empatará con dicha carrera, hacia al sur sobre la margen derecha; y, la carrera 3W calle 15A, al norte de la margen izquierda del río. El puente proyectado dará acceso a la carrera 3W y a la carretera Montería-Arboletes y a la Región Caribe hacia Urabá antioqueño. En la figura mostrada a continuación se indica la localización actual del proyecto.



Figura 1. Planta - Localización cruce río Sinú (tercer puente). Municipio de Montería (Córdoba)

2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta los diseños iniciales ejecutados bajo el Contrato de Consultoría No. 1550 de 2021, suscrito entre el CONSORCIO SINÚ FIA y el Instituto Nacional de Vías, encontramos las siguientes características técnicas del proyecto:

El puente diseñado no es perpendicular al cauce del río sino en ángulo, con un trazado curvo, en concreto postensado y su construcción se proyecta por el diseñador mediante voladizos sucesivos. El puente tendrá una longitud de 371.50 m aproximadamente, constituido por cinco (5) vanos de 80,0 m – 160,0 m (Luz principal) – 80.0 m – 21.50 m – 30.0 m.

La construcción del puente, según el diseño inicial se conecta con la calle 6 en la margen derecha del Rio Sinú, y por la margen izquierda se conecta con la intersección de la carrera 3W con la calle 15. La sección transversal del puente tiene un ancho total de 14.20 m, que incluye un andén en el costado izquierdo de 1.60 m, el ancho de la calzada corresponde a dos (2) carriles de 3.50 m en pavimento flexible, anden al costado derecho de 1.60m y una pasarela para ciclo-ruta bidireccional de 2.60m y una berma de seguridad de 0.30m y a cada costado de cada carril se tiene barreras New Jersey de 0.40m de ancho, teniendo finalmente un ancho de calzada útil de 7.00 m. Tal como se ha indicado, el alineamiento o trazado vial contempla la estructura en un tramo predominantemente curvo. El puente diseñado estará constituido por accesos de 84 metros y 106 metros en los costados izquierdo y derecho respectivamente, estos accesos se darán por medio de terraplén acompañados de muros estructurales, su capa de rodadura será en pavimentos flexible.

La luz principal del puente es de 160 metros, por ende, es compensada por luces a cada extremo de la misma, de 80 metros a cada lado. Y en uno de sus extremos, como ya se indicó, una luz de 21,50m y otra de 30m que pasa sobre una vía (Avenida 1). La Construcción del puente la proyecta el diseñador que iniciará en sus dos apoyos intermedios y avanzará hacia el centro del puente y hacia los extremos de manera simultánea para que la estructura se construya de manera

compensada y simétrica. Es decir, progresivamente van creciendo dos (2) “T” en voladizos sucesivo, mediante dovelas, cuyo espesor al principio es de 8m (en los apoyos) y se va reduciendo hacia el centro de la luz central hasta llegar a un espesor de 3m y hacia los estribos.

La construcción de la superestructura se realizará mediante 68 segmentos o dovelas (16 dovelas por cada voladizo en cada una de los apoyos intermedios y 1 dovela de cierre). Se inicia sobre los apoyos intermedios con una zona sobre cimbra que tiene una longitud de 9.50m, a partir de esta primera dovela se continúa con 6 dovelas de 4.0m cada una y 10 dovelas de 5.0m, la dovela de cierre tiene una longitud de 2.50m.

La superestructura del puente diseñado está constituida por una viga continúa postensada de sección cajón unicelular con altura variable parabólicamente entre 8.00m en las caras de los apoyos y 3.0m en el centro de las luces centrales y en los estribos del puente.

La viga cajón es de dimensiones variables en su longitud. En los estudios y diseños La construcción de la superestructura se proyecta mediante 68 segmentos o dovelas (16 dovelas por cada voladizo en cada una de los apoyos intermedios y 1 dovela de cierre). Se inicia sobre los apoyos intermedios con una zona sobre cimbra que tiene una longitud de 9.50m, a partir de esta primera dovela se continúa con 6 dovelas de 4.0m cada una y 10 dovelas de 5.0m, la dovela de cierre tiene una longitud de 2.50m.

- ✓ El estribo 1, estará conformado por una viga cabezal de 3.20m de ancho por 2.25m de alto, este a su vez se apoya sobre 3 caissons de diámetro Ø2.0m.
- ✓ El apoyo 1 en sus luces intermedias sobre columnas cuadradas huecas las cuales tienen una sección de 7.10m x 5.00m y 8.00m de altura, un espesor de pared de 0.60m las cuales a su vez apoyan sobre un encepado de 21.0m x 21.0m y espesor de 3.50m; este a su vez se apoya sobre 16 caissons de diámetro Ø2.0m.
- ✓ El apoyo 2 en sus luces intermedias sobre columnas cuadradas huecas las cuales tienen una sección de 7.10m x 5.00m y 10.0m de altura, un espesor de pared de 0.60m las cuales a su vez apoyan sobre un encepado de 21.0m x 21.0m y espesor de 3.50m; este a su vez se apoya sobre 16 caissons de diámetro Ø2.0 m.
- ✓ El apoyo 3, estará conformado por una viga cabezal de altura constante de 2.45 m de alto por 3.50 de ancho, la cual se apoyará sobre columnas cuadradas huecas las cuales tienen una sección de 7.10m x 3.50m y un espesor de pared de 0.60m, la cual a su vez se apoya sobre un encepado de 10.0 m x 10.0 m y espesor de 3.50m; este a su vez se apoya sobre 4 caissons de diámetro Ø2.0m.
- ✓ El apoyo 4, estará conformado por una viga cabezal de 1.90m de ancho por 1.5m de alto, este a su vez se apoya sobre 4 pilas de diámetro Ø1.50m y

4.75m de altura, que a su vez tendrá continuidad como pilote del mismo diámetro.

- ✓ El estribo 2, estará conformado por una viga cabezal de 1.60m de ancho por 1.5m de alto, este a su vez se apoya sobre 4 pilas de diámetro Ø1.50m y 2.75m de altura, que a su vez tendrá continuidad como pilote del mismo diámetro.

3 INFORMACIÓN DEL CONTRATO

3.1 CUADRO DE INFORMACIÓN GENERAL

CONTRATO No.	LP-SIM-024-2023
CONTRATANTE	MUNICIPIO DE MONTERÍA
OBJETO DEL CONTRATO	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ EN EL DEPARTAMENTO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA
VALOR	SESENTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS OCHENTA MILLONES SETECIENTOS NOVENTA Y UN MIL NOVECIENTOS TREINTA Y SIETE PESOS M/CTE ($64.380.791.937)
PLAZO DE EJECUCIÓN INICIAL	33 MESES
FECHA DE INICIO	24 DE ABRIL DE 2024
FECHA FINAL	24 DE ENERO DE 2027
FECHA DE ADJUDICACIÓN	14 DE DICIEMBRE DE 2023
CDP No.	24000004 del 2 de enero de 2024 – Vigencia 2024 24000848 del 29 de febrero de 2024 – Vigencia 2024
CRP No.	24000417 del 5 de febrero de 2024 – Vigencia 2024 24000647 del 29 de febrero de 2024 – Vigencia 2024
INTERVENTOR	CONSORCIO CI-SINÚ
CTO INTERV No.	PAF-ATINVIAS-I-110-2023
MODIFICATORIO No. 1	Clausula Primera. Modificar la Cláusula 5. Se introduce parágrafo: "…De la actividad denominada PROVISIÓN PARA AJUSTES, OBRAS COMPLEMENTARIAS Y/O ADICIONALES que asciende a la suma de DOS MIL CUATROCIENTOS SESENTA MILLONES CIENTO NOVENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS VEINTIDÓS PESOS M/CTE ($2.460.198.822,00) se destinará un monto máximo de MIL CIENTO SIETE MILLONES CUATROCIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y SIETE PESOS MCTE.

	($1.107.444.757), incluido IVA e impuestos municipales que se pagarán al contratista por concepto de la realización del MEJORAMIENTO A ESTUDIOS Y DISEÑOS de conformidad con la propuesta presentada por el contratista…” Clausula segunda. Modificar la Cláusula 8. Parágrafo 1. La entidad realizará al Contratista el último pago, cuyo valor no podrá ser inferior al cinco por ciento (5%) del valor total del contrato. Parágrafo 2. Sin perjuicio de la forma de pago establecida en el contrato, el Municipio pagará al CONTRATISTA el valor de las actividades relacionadas con el MEJORAMIENTO A ESTUDIOS Y DISEÑOS cuyo alcance se encuentra incluido en la actividad denominada PROVISIÓN PARA AJUSTES, OBRAS COMPLEMENTARIAS Y/O ADICIONALES de conformidad con la cláusula 5 del contrato, y que se pactó en la suma de MIL CIENTO SIETE MILLONES CUATROCIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y SIETE PESOS MCTE. ($1.107.444.757), incluido IVA e impuestos municipales, de la siguiente manera: A) UN PAGO ANTICIPADO por el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la actividad denominada MEJORAMIENTO A ESTUDIOS Y DISEÑOS, es decir, por la suma de QUINIENTOS CINCUENTA Y TRES MILLONES SETECIENTOS VEINTIDÓS MIL TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO PESOS CON CINCUENTA CENTAVOS ($553.722.378,50) M/CTE, Una vez sea perfeccionado el documento modificatorio No, 1 al contrato de obra No. LP-SIM-024-2024, se ajusten las garantías por parte del contratista constructor y se hayan aprobado las mismas por parte de la entidad de conformidad con el presente documento modificatorio. B) UN PAGO PARCIAL por el veinticinco por ciento del valor total del MEJORAMIENTO A ESTUDIOS Y DISEÑOS, es decir, por la suma de DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS MILLONES OCHOCIENTOS SESENTA Y UN MIL CIENTO OCHENTA Y NUEVE PESOS CON VEINTICINCO CENTAVOS ($276.861.189,25) una vez se hayan entregado formalmente a la interventoría para revisión y aprobación los volúmenes pactados entre las partes. C) UN PAGO FINAL por el veinticinco por ciento del valor total de la actividad denominada MEJORAMIENTO A ESTUDIOS Y DISEÑOS, es decir, por la suma de DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS MILLONES OCHOCIENTOS SESENTA Y UN MIL CIENTO OCHENTA Y NUEVE PESOS CON VEINTICINCO CENTAVOS ($276.861.189,25) una vez se

	hayan aprobado por parte de la interventoría la totalidad de los volúmenes entregados por parte del contratista y se hayan apropiado los diseños por parte del constructor. Parágrafo 3. El plazo máximo para la presentación y aprobación del mejoramiento a los estudios y diseños será de CINCO (05) MESES contados a partir del perfeccionamiento del modificatorio No. 1, el cual se entiende incluido dentro del plazo total del contrato de TREINTA Y TRES (33) MESES. Parágrafo 4. El Municipio pagará al CONTRATISTA el valor de las actividades relacionadas con la ejecución de la PROVISION PARA AJUSTES, OBRAS COMPLEMENTARIAS diferentes a las identificadas como MEJORAMIENTO A ESTUDIOS Y DISEÑOS, mediante pagos parciales, de acuerdo a actas mensuales conforme con el avance y recibo parcial de obra ejecutada revisadas y aprobadas por la INTERVENTORÍA, por PRECIOS UNITARIOS CON AJUSTES. Parágrafo 5. El valor correspondiente a MEJORAMIENTO A ESTUDIOS Y DISEÑOS será asumido por el municipio con cargo a los aportes realizados por este al convenio con cargo al Certificado de Disponibilidad Presupuestal No. 23001222 de fecha 23 de julio de 2023 por valor de $5.000.000.000,00, expedido por el profesional universitario del municipio para la vigencia fiscal 2023 Parágrafo 6. AJUSTES DE PRECIO. El contrato de obra se encuentra sujeto a ajustes tomando como base Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles, calculados mensualmente por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. CLÁUSULA TERCERA: MODIFICAR la cláusula 18.1 “Garantía de cumplimiento” del contrato de obra No. LP-SIM-024-2023 con el fin de exigir al contratista los amparos correspondientes por el porcentaje del pago anticipado del MEJORAMIENTO A ESTUDIOS Y DISEÑOS de conformidad con la propuesta presentada por el contratista, debidamente avalada por la interventoría.
VALOR ACTUALIZADO (Incluido adiciones):	SESENTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS OCHENTA MILLONES SETECIENTOS NOVENTA Y UN MIL NOVECIENTOS TREINTA Y SIETE PESOS M/CTE ($64.380.791.937) NOTA: El Modificatorio 1 no implica variación alguna en el valor del contrato ni en el plazo de ejecución.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EJECUTADAS EN EL MES

DESDE EL 24 ABRIL AL 23 DE MAYO DE 2024

- ✓ Se da inicio a la etapa de apropiación de Estudios y Diseños por parte del Consorcio Puente Rio Sinú con el análisis del componente ambiental.

- ✓ El día 20 de mayo de 2024m, el Consorcio Puente Río Sinú expuso el nuevo trazado del puente teniendo en cuenta factores ambientales, sociales, y prediales con el fin de minimizar impactos en la población vecina del proyecto. Adicionalmente se expuso la imposibilidad de construcción de la cimentación con el diseño inicial, Asi las cosas, el nuevo trazado del puente cambió la longitud del puente, reduciendo sus luces, y adicionalmente sólo se afectan dos predios con este teniendo en cuenta que en el antiguo trazado se afectaban del orden de 28.

DESDE EL 24 DE MAYO AL 23 DE JUNIO DE 2024

- ✓ Se da continuidad a la apropiación de Estudios y Diseños iniciales con el análisis del componente ambiental.

- ✓ El día 17 de junio de 2024, el contratista participa en la reunión organizada por la Alcaldía de Montería y solicitada por la Interventoría, en la cual expone la propuesta para el mejoramiento de estudios y diseños.

- ✓ El día 19 de junio el Consorcio Puente Rio Sinú en reunión virtual junto con los representantes de la alcaldía de montería y la interventoría, quienes expusieron observaciones referentes a la propuesta de mejoramiento de estudios y diseños.

- ✓ Se remitió el 28 de mayo de 2024 la comunicación CPRS-016-2024, con el desglose para el mejoramiento de Estudios y Diseños para la Construcción del Tercer Puente Sobre El Rio Sinú, En El Municipio De Montería, Departamento De Córdoba. Sugiriendo una consultoría en los volúmenes: 1. Estudio de Tránsito. 2. Diseño Geométrico. 3. Geología y Geotecnia. 4. Diseño de Fundaciones. 5. Estudio de estabilidad y Estabilización de Taludes. 6. Diseño de Pavimentos. 7. Estudio de Hidrología, Hidráulica y Socavación. 8. Diseño Estructural. 9. Diseño de Señalización y Seguridad Vial. 10. Cantidades de Obra y Presupuesto. 11. Estudio de Gestión del Riesgo Análisis de Sostenibilidad, con los respectivos costos de los estudios.