PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**ENSAYO DE LABORATORIO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO** **INV-22**	**Código:** CC F- 13.1 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

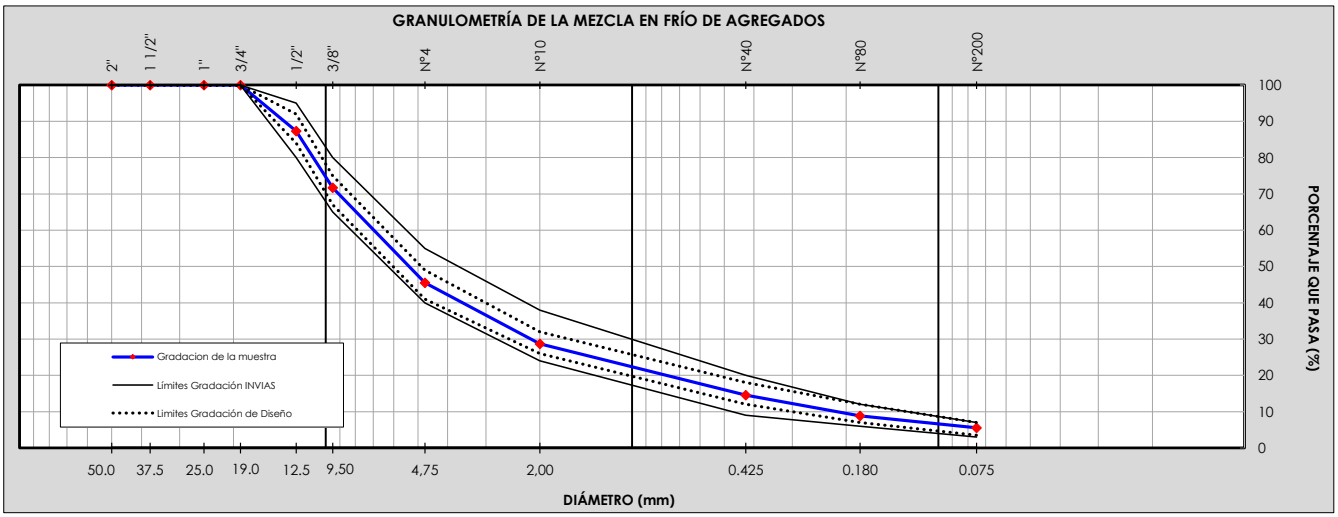
DESCRIPCIÓN: COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO — **FECHA:** 3-feb-26

TIPO DE MEZCLA: MSC-19 con RAP TIBIA — **PLANTA:** PLANTA ASTEC

PROCEDENCIA: PROCOPAL S.A — **MUESTRA:** 2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, INV E - 213

Masa Inicial:		1572,1			**ESPECIFICACIONES GRANULOMÉTRICAS**				
TAMIZ ("/No)	**Abertura (mm)**	**Masa Retenida, g**	**Retenidos, %**	**Pasa, %**	**BANDA INVIAS 2022**		**SUBBANDA DISEÑO**		
					Inf INV	**Sup INV**	**Inf DIS**	**Sup DIS**	**Media**
2"	50,0								
11/2"	37,5				100	100			
1"	25,0				100	100	100	100	100
¾"	19,0				100	100	100	100	100
½"	12,5	200,1	12,7	87,3	80	95	84	92	88
3/8"	9,5	245,3	15,6	71,7	65	80	67	75	71
No 4	4,75	410,9	26,1	45,5	40	55	41	49	45
No 10	2,00	265,3	16,9	28,7	24	38	26	32	29
No 40	0,425	222,0	14,1	14,5	9	20	12	18	15
No 80	0,180	89,2	5,7	8,9	6,0	12,0	7,0	12,0	9,5
No 200	0,075	52,1	3,3	5,5	3,0	7,0	3,5	7,0	5,3
Fondo				5,5					



CALIDAD DE LOS AGREGADOS PÉTREOS Y DEL LLENANTE MINERAL INV Art. 450		**Unidad**	**Valor**	**Límite Mínimo**	**Límite Máximo**	**Concepto**
Partículas Fracturadas mecánicamente (1 Cara)	**INV E-227**	%	96	**85**	**-**	CUMPLE
Partículas Fracturadas mecánicamente (2 Caras)	**INV E-227**	%	92	**70**	**-**	CUMPLE
Limpieza Superficial	**INV E-237**	%	0,12	**-**	**0,5**	CUMPLE
Equivalente de Arena	**INV E-133**	%	65	**50**	**-**	CUMPLE
Índice de Plasticidad (NP = 0)	**INV E-125 y 127**	%	0	**-**	**0,0**	CUMPLE
Densidad Bulk del Llenante Mineral	**INV E-225**	g/cm^3	0,7	**0,5**	**0,8**	CUMPLE
Angularidad del Agregado Fino	**INV E-239**	%	46,6	**45**	**-**	CUMPLE
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	**INV E-220**	%	3,0	**-**	**18**	CUMPLE
Resistencia mecánica por el método de 10% de finos	**INV E-224**	%	84%	**75%**	**-**	CUMPLE
Desgaste en la Máquina de los Ángeles, 500 revoluciones	**INV E-218**	%	13,6	**-**	**25**	CUMPLE
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	**INV E-238**	%	7,7	**-**	**20**	CUMPLE

EQUIPOS UTILIZADOS	**FECHA DE CALIBRACIÓN**
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS, LIMPIEZA SUPERFICIAL, EQUIVALENTE DE ARENA, ANGULARIDAD Y DENSIDAD BULK DEL LLENANTE MINERAL** **INV-22**	**Código:** CC F-13.2 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MSC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

PARTÍCULAS CON UNA CARA FRACTURADA, INV E - 227

TAMIZ		Peso de la muestra (g)	Partículas con una cara fracturada		Partículas cuestionables o dudosas		Partículas que no cumplen criterio		Partículas con una cara fracturada	(%) Gradación
PASA	RETIENE		(F) (g)	%	(Q) (g)	%	(N) (g)	%	P (%)	
1 1/2"	1"									
1"	3/4"									
3/4"	1/2"	200,1	192,3	96		0	8	4	96	12,7
1/2"	3/8"	245,3	236,2	96		0	9	4	96	15,6
3/8"	N° 4	200,0	190,1	95		0	10	5	95	26,1
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON UNA CARA FRACTURADA (%)									**95,7**	

PARTÍCULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS, INV E - 227

TAMIZ		Peso de la muestra (g)	Partículas con dos caras fracturadas		Partículas cuestionables o dudosas		Partículas que no cumplen criterio		Partículas con dos caras fracturadas	(%) Gradación
PASA	RETIENE		(F) (g)	%	(Q) (g)	%	(N) (g)	%	P (%)	
1 1/2"	1"									
1"	3/4"									
3/4"	1/2"	200,1	185,3	93		0	15	7	93	12,7
1/2"	3/8"	245,3	225,6	92		0	20	8	92	15,6
3/8"	N° 4	200,0	185,2	93		0	15	7	93	26,1
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS (%)									**92,4**	

LIMPIEZA SUPERFICIAL DEL AGREGADO GRUESO, INV E-237

M: Peso total de la muestra, (gr)	2122,6
M1h: Peso de la muestra para proporción masa seca, (gr)	2120,1
Coeficiente de Limpieza Superficial (Ms-m)/Ms*100	**0,12**

ÍNDICE DE PLASTICIDAD, INV E - 125 y E - 126

DESCRIPCIÓN	RESULTADO	I.P. (ÍNDICE DE PLASTICIDAD)
LÍMITE LÍQUIDO - LL	**0,0**	**NP**
LÍMITE PLÁSTICO - LP	**0,0**	

DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA, INV E - 133

PRUEBA N°	LECTURA DE ARCILLA	LECTURA DE ARENA	EQUIVALENTE ARENA %	PROMEDIO
1	13,4	8,8	65,7	**65,0**
2	13,6	8,6	63,2	

DETERMINACIÓN DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO, INV E - 239		Lectura N° 1	Lectura N° 2	DENSIDAD BULK DEL LLENANTE MINERAL, INV E - 225		
V =	Volumen del medidor cilíndrico (ml)	102,1	102,1	P = Peso de la muestra de llenante empleada	10	10
Mb =	Masa bruta de la muestra (g)	381,4	381,4			
Mcv =	Masa del medidor vacio (g)	234,8	234,8	V = Volumen aparente del llenante en kerosene (gr/cm^3)	15,0	15,2
F =	Masa neta del agregado fino en el medidor (g)	146,6	146,6			
G =	Gravedad específica del agregado fino seco	2,689	2,689	PESO UNITARIO DEL LLENANTE EN KEROSENE	**0,67**	**0,66**
%U =	Vacíos en el agregado fino sin compactar (%)	46,6	46,6			
Us =	**Promedio de las muestras (%)**	**46,6**		**PESO UNITARIO PROMEDIO DEL LLENANTE**	**0,662**	

EQUIPOS UTILIZADOS	FECHA DE CALIBRACIÓN
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO** **INV-22**	**Código:** CC F-13.5 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MSC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA:**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

PÉRDIDAS CON SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO, INV E - 220

GRUESOS

MALLAS		GRADACIÓN ORIGINAL	PESO DE LA MUESTRA			PÉRDIDA		
			Antes de ensayo		Después de ensayo	INDIVIDUAL		Corregida
Pasa	**Retenido**	**(%)**	**Mínimo, (gr)**	**Empleado, (gr)**	**(gr)**	**(gr)**	**(%)**	**(%)**
3"	2 1/2"		5000					
2 1/2"	2"		3000					
2"	1 1/2"		2000					
1 1/2"	1"		1000					
1"	3/4"		500					
3/4"	1/2"	12,7	670	675,3	669,3	6,0	0,9	0,1
1/2"	3/8"	15,6	330	335,1	330,2	4,9	1,5	0,2
3/8"	No 4	26,1	300	312,4	300,2	12,2	3,9	1,0
PÉRDIDA TOTAL DE LA FRACCIÓN GRUESA, %								**1,4**

FINOS

Pasa	**Retenido**	**(%)**	**Mínimo, (gr)**	**Empleado, (gr)**	**(gr)**	**(gr)**	**(%)**	**(%)**
3/8"	No 4	26,1	300,0	312,4	300,2	12,2	3,9	1,0
No 4	No 8	14,7	100,0	100,0	98,3	1,7	1,7	0,2
No 8	No 16	7,3	100,0	100,0	98,6	1,4	1,4	0,1
No 16	No 30	5,2	100,0	100,0	97,3	2,7	2,7	0,1
No 30	No 50	3,1	100,0	100,0	97,3	2,7	2,7	0,1
PÉRDIDA TOTAL DE LA FRACCIÓN FINA, %								**1,6**
PÉRDIDA TOTAL EN LA MUESTRA, %								**3,0**

EQUIPOS UTILIZADOS	**FECHA DE CALIBRACIÓN**
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24



Aprobó:
Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS POR EL METODO 10% DE FINOS** **INV-22**	**Código:** CC F-13.7 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MSC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA:**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

RESISTENCIA MECÁNICA 10 % DE FINOS, INV E - 224

CONDICIÓN SECA

Tipo de material utilizado: Agregados constituidos de partículas angulares en condición seca

Parametros	Penetración de Ensayo	20	mm
m_a =	Masa del agregado en el pistón, kg	2974	
m_r =	Masa del material retenido, kg	2750	
x_1 =	Carga aplicaga, KN	326,4	
f_1 % =	Porcentaje de finos producidos, %	**7,5**	
C_{10} =	Carga necesaria para producir el 10% de finos, KN	**396,3**	
		C10 PROMEDIO (kN)	**396,3**

CONDICIÓN HUMEDA

Tipo de material utilizado: Agregados constituidos de partículas angulares en condición saturada durante no menos de 16 horas

Parametros	Penetración de Ensayo	20	mm
m_a =	Masa del agregado en el pistón, kg	2974	
m_r =	Masa del material retenido, kg	2725	
x_1 =	Carga aplicaga, KN	295,6	
f_1 % =	Porcentaje de finos producidos, %	**8,4**	
C_{10} =	Carga necesaria para producir el 10% de finos, KN	**334,5**	
		C10 PROMEDIO (kN)	**334,5**
RELACIÓN HÚMEDO/SECO, %		**84,4%**	

EQUIPOS UTILIZADOS	**FECHA**
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24
Prensa de Inmersion-Compresion	7-jul-25

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**DESGASTE EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES** **INV-22**	**Código:** CC F -13.14 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MSC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA:**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

ENSAYO DE ABRASIÓN DE AGREGADOS EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES, INV E - 218 y E - 219

PRUEBAS	**1**	**2**			
Gradaciones usadas	B	B			
Nº de esferas	11	11			
Nº de revoluciones	100	500			
Pa = Peso muestra seca antes del ensayo (g)	5005	5005			
Pb = Peso muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz Nº 12 (g)	4852	4326			
Pa - Pb = pérdida (g)	153	679,0			
% Desgaste = (Pa -Pb)/ Pa	3,1	13,6			

EQUIPOS UTILIZADOS	**FECHA CALIBRACIÓN**
Máquina de los Ángeles	Se realizan revisiones periódicas de las esferas
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24

Aprobó:



Jefe de Laboratorio

PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas	**DEGRADACIÓN POR ABRASIÓN EN EL EQUIPO MICRO-DEVAL** **INV-22**	**Código:** CC F - 13.15 **Revisión:** 07 **Vigencia:** Septiembre de 2024

DESCRIPCIÓN:	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO	**FECHA:**	3-feb-26
TIPO DE MEZCLA:	MSC-19 con RAP TIBIA	**PLANTA:**	PLANTA ASTEC
PROCEDENCIA:	PROCOPAL S.A	**MUESTRA:**	2

RESISTENCIA DEL AGREGADO AL DESGASTE POR ABRASIÓN UTILIZANDO EL EQUIPO MICRO-DEVAL, INV E - 238

PRUEBAS	**1**	**2**			
Nº de tabla	T-1				
Peso de esferas	5000				
Tiempo de rotación	120				
Nº de revoluciones por minuto	100				
Pa = Peso muestra seca antes del ensayo (g)	1505				
Pb = Peso muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz Nº 12 (g)	1389				
Pa - Pb = pérdida (g)	116				
% Desgaste = (Pa -Pb)/ Pa	7,7				

EQUIPOS UTILIZADOS	**FECHA CALIBRACIÓN**
Equipo Micro-Deval	Se realizan revisiones periódicas de las esferas
Balanza digital 3100 g	4-jul-25
Serie Mallas o Tamices 3" a No 200	22-mar-24

Aprobó:
Jefe de Laboratorio