

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**CONCEPTO DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA REDUCIR  
EL RIESGO DE DESASTRE POR HUAICOS EN ICA**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller:

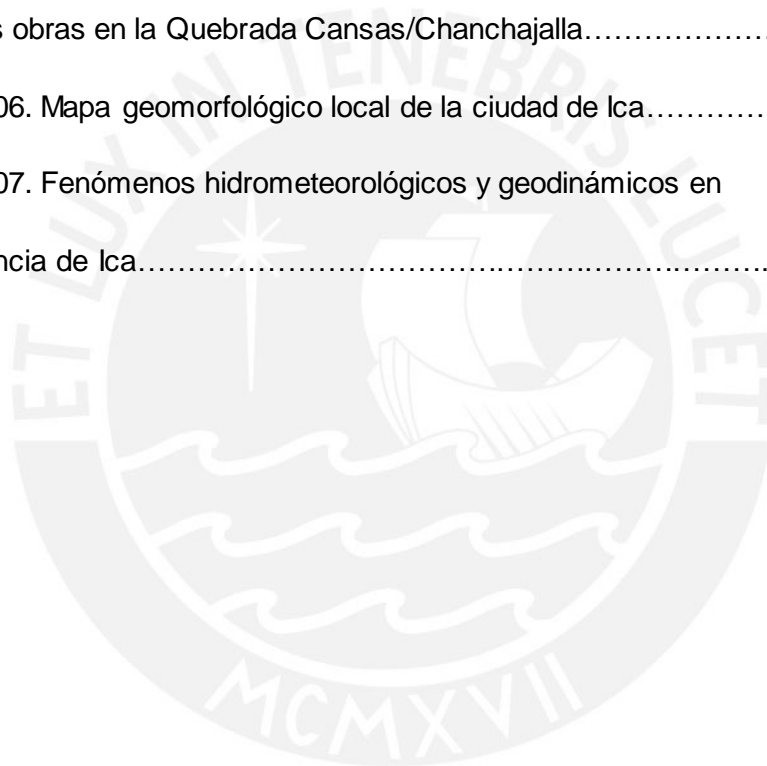
**Iván Carlos Vilcahuamán Brenis**

**ASESOR: Iris Violeta Dominguez Talavera**

Lima, marzo de 2015

## ANEXOS

Anexo 01. Eficiencias del flujo de escombros.....	iii
Anexo 02. Círculo de Mohr.....	iv
Anexo 03. Estimación de parámetros adimensionales.....	v
Anexo 04. Mapa de suelos de la ciudad de Ica.....	vi
Anexo 05. Resumen de resultados de laboratorio y parámetros deducidos para las obras en la Quebrada Cansas/Chanchajalla.....	vii
Anexo 06. Mapa geomorfológico local de la ciudad de Ica.....	viii
Anexo 07. Fenómenos hidrometeorológicos y geodinámicos en la provincia de Ica.....	ix



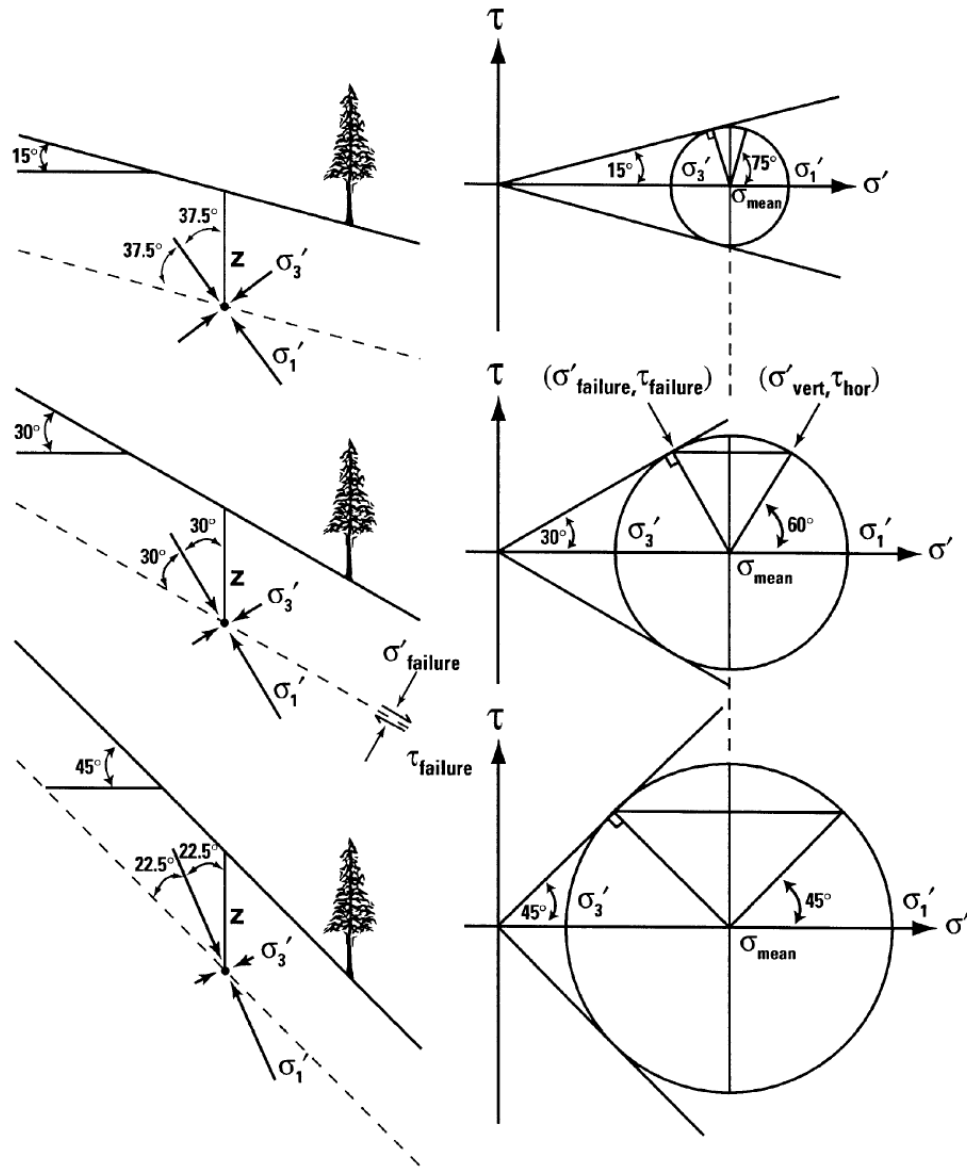
Anexo 01. *Eficiencias del flujo de escombros.*

(Referencia: adaptado de Iverson 1997).

Localización del flujo	Fecha	Referencia	Volumen del flujo (m <sup>3</sup> )	L (m)	H (m)	L/H	Origen
Monte Rainier, flujo de lodo de Osceola	Hacia 5700 A.P.	Vallance and Scott [1997]	$\sim 10^9$	120000	4800	25	Deslizamiento y erosión por torrentes
Nevados Huascarán, Perú	31 de mayo de 1970	Plafker and Ericksen [1978]	$\sim 10^8$	120000	6000	20	Deslizamiento
Nevado del Ruiz, Colombia, Río Guali	13 de noviembre de 1985	Pierson et al. [1990]	$\sim 10^7$	103000	5190	20	Nieve derretida piroclástica
Monte Santa Helena, al sur de la bifurcación de Toutle	18 de mayo de 1980	Fairchild and Wigmosta [1983]	$\sim 10^7$	44000	2350	19	Ola piroclástica húmeda
Monte Santa Helena, río Muddy	18 de mayo de 1980	Pierson [1985]	$\sim 10^7$	31000	2150	14	Ola piroclástica húmeda
Wrightwood, California, Cañón Heath	7 de mayo de 1941	Sharp and Nobles [1953]	$\sim 10^6$	24140	1524	16	Deslizamiento
Tres Hermanas, Oregon, Separation Creek	1933	J. E. O'Connor et al. (manuscript in preparation, 1997)	$\sim 10^6$	6000	700	9	Inundación por ruptura de glaciar
Monte Thomas, NZ, Bullock Creek	Abril de 1978	Pierson [1980]	$\sim 10^5$	3500	600	6	Deslizamiento
Wrightwood, California, Cañón Heath	Mayo de 1969	Morton and Campbell [1974]	$\sim 10^5$	2700	680	4	Deslizamiento
Santa Cruz, California, Whitehouse Creek	4 de enero de 1982	Wieczorek et al. [1988]	$\sim 10^5$	600	200	3	Deslizamiento
Pacífica, California, Oddstad site	4 de enero de 1982	Howard et al. [1988]	$\sim 10^3$	190	88	2	Deslizamiento
Afador de flujo de escombros del USGS	25 de septiembre de 1992	Iverson and LaHusen [1993]	$\sim 10^1$	78	41	2	Liberado artificialmente por la compuerta del afador

Anexo 02. *Círculo de Mohr.*

(Referencia: adaptado de Iverson et al 1997).



Esfuerzos efectivos en taludes infinitos sin cohesión en el equilibrio límite de Coulomb (FS=1). Los diagramas de la izquierda representan magnitudes relativas y orientaciones de los esfuerzos principales a la profundidad  $Z$ . Los diagramas de la derecha muestran los círculos de Mohr correspondientes y las envolventes de falla de Coulomb.

Anexo 03. Estimación de parámetros adimensionales.

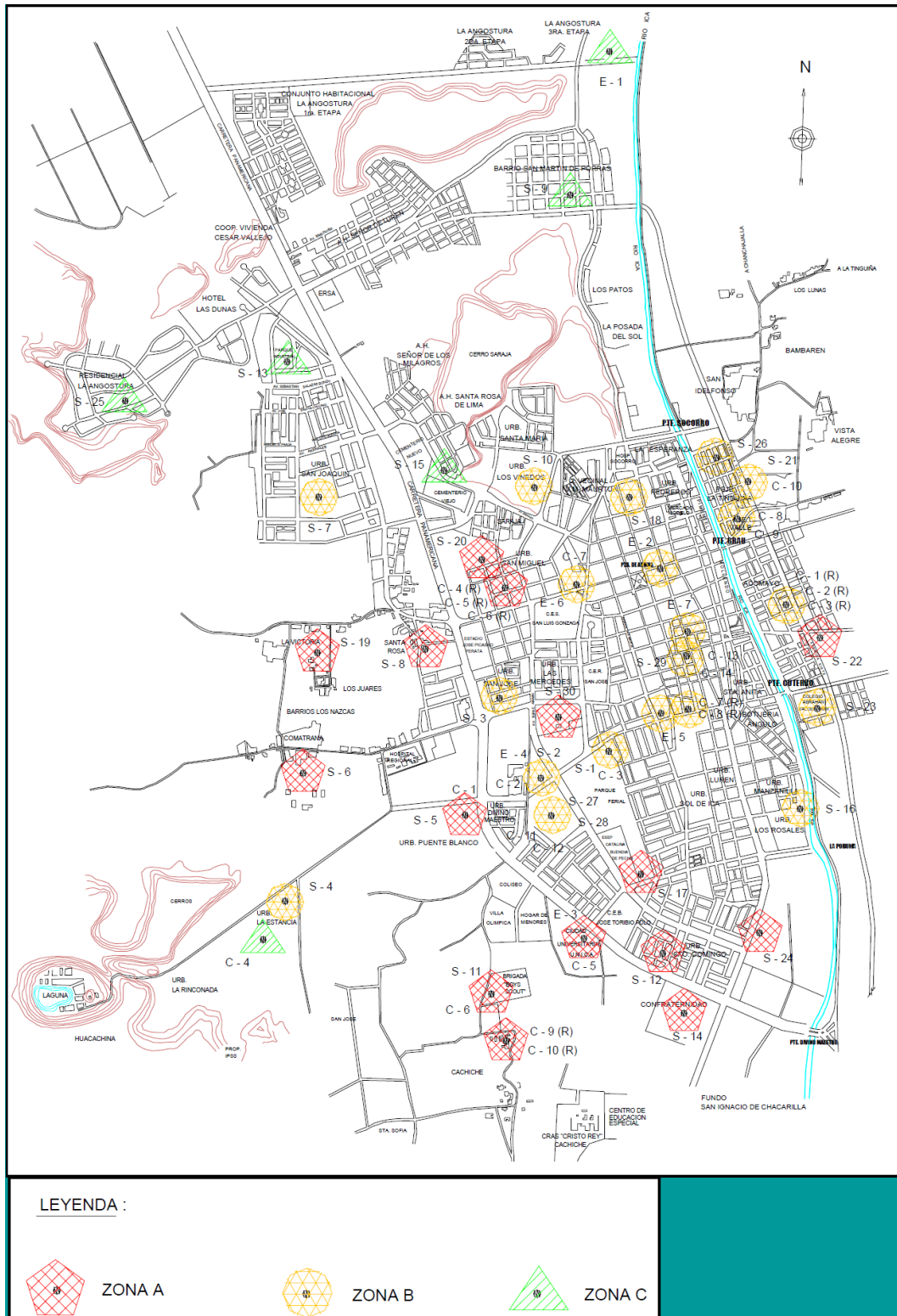
(Referencia: adaptado de Iverson 1997).

Parámetro	Experimento en el aforador del USGS (arena-grava)	Flujo de escombros de Oddstad, 4 de enero de 1982	Río Toutle sur, 18 de mayo de 1980	Flujo de lodo de Osceola, hacia 5700 A.P.
Parámetros dimensionales				
$\delta$ (m)	0.001*	0.001*	0.001*	0.001*
$h = N \cdot \delta$ (m)	0.1	1	5	20
$v$ (m/s)	10	10	20	20
$\dot{\gamma}$ (1/s)	100	10	4	1
$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	2700	2700	2700	2700
$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	1100	1100	1100	1200
$\mu$ (Pa.s)	0.001	0.01*	0.01*	0.1*
$g$ (m/s <sup>2</sup> )	9.8	9.8	9.8	9.8
$k$ (m <sup>2</sup> )	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11*</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>
$E$ (Pa)	10 <sup>4*</sup>	10 <sup>4*</sup>	10 <sup>4*</sup>	10 <sup>4*</sup>
$v_s$	0.6	0.6	0.6	0.6
$v_f$	0.4	0.4	0.4	0.4
$\phi$ (°)	40	30	30	30
Parámetros adimensionales				
$N_{Sav}$	0.2	2x10 <sup>-4</sup>	6x10 <sup>-6</sup>	1x10 <sup>-7</sup>
$N_{Bag}$	400	4	0.2	0.4
$N_{masa}$	4	4	4	4
$N_{Dar}$	600	60000	2x10 <sup>6</sup>	6x10 <sup>7</sup>
$N_{Rey}$	100	1	0.04	0.01
$N_{fric}$	2x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>4</sup>	3x10 <sup>4</sup>	4x10 <sup>5</sup>

\*Valores de parámetros adimensionales para los que los valores tabulados puedan variar o estar errados en más de un orden de magnitud.

Anexo 04. Mapa de suelos de la ciudad de Ica.

(Referencia: Mitma, Alva 2005)



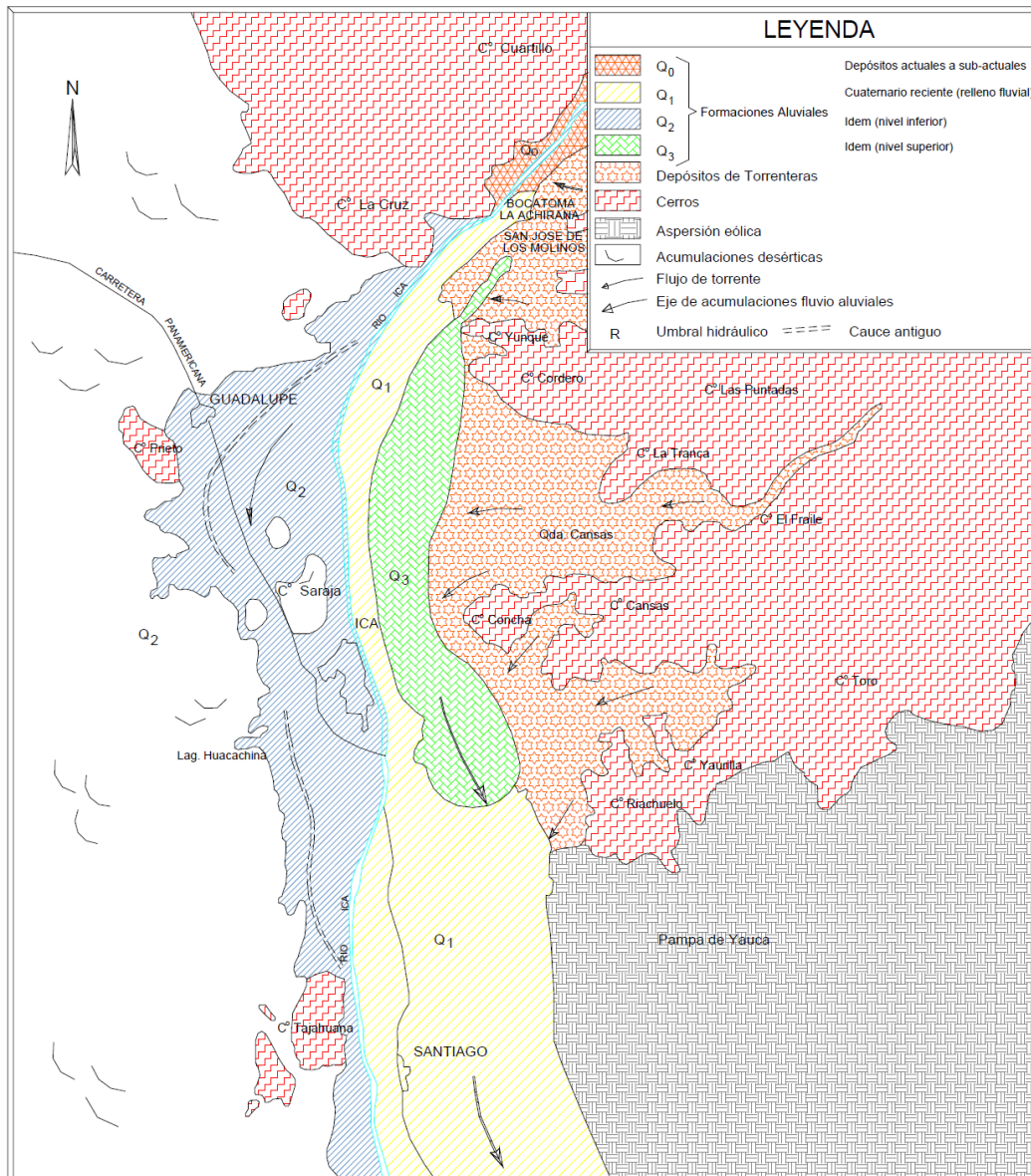
Anexo 05. Resumen de resultados de laboratorio y parámetros deducidos para las obras en la Quebrada Cansas/Chanchajalla.

(Referencia: adaptado de Petacc 2001)

EXCAVACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD NATURAL			DENSIDAD			GRANULOMETRÍA			CLASIFICACIÓN UNIFICADA SUS	ÁNGULO DE FRICCIÓN	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (cm/s)
		Húmeda Total (t/m3)	Seca total (t/m3)	Seca < N <sup>o</sup> 4 (t/m3)	Máxima (t/m3)	Mínima (t/m3)	Relativa D <sub>r</sub>	Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)			
TCCAN													
8+750	0.00 - 3.50	1.968	1.955	1.587	2.032	1.753	75	44.0	55.1	0.9	SP	41	2.16E-01
8+300	0.00 - 1.50	2.126	2.109	1.570	2.220	1.892	70	66.4	31.8	1.8	GW	41	4.90E-01
	2.50 - 3.50	2.029	2.015	1.727	2.100	1.756	76	42.5	56.1	1.4	SP	41	2.50E-01
7+850	0.00 - 4.00	1.979	1.958	1.460	2.045	1.742	74	54.5	43.0	2.5	GP	41	2.30E-01
7+300	0.00 - 4.00	2.171	2.150	1.731	2.217	1.940	78	52.8	46.6	0.6	GP	42	1.40E-01
6+800	0.00 - 4.00	2.050	2.024	1.766	2.099	1.851	72	37.8	60.8	1.4	SP	41	2.70E-01
6+300	0.00 - 4.00	2.000	1.978	1.716	2.102	1.866	50	38.5	60.3	1.2	SP	38	2.11E-01
5+800	0.00 - 4.50	2.016	1.991	1.762	2.089	1.752	74	35.4	63.3	1.3	SP	41	1.68E-01
5+200	0.00 - 4.00	1.927	1.905	1.685	2.050	1.732	58	33.4	65.4	1.2	SP	39	2.03E-01
4+700	0.00 - 4.00	1.972	1.945	1.765	2.016	1.746	76	26.6	72.4	1.0	SP	41	1.72E-01
4+000	0.00 - 4.00	2.028	2.002	1.763	2.146	1.827	59	34.4	64.3	1.3	SP	39	1.72E-02
3+500	0.00 - 4.50	2.067	2.051	1.769	2.152	1.823	73	39.8	58.7	1.5	SP	41	1.85E-01
3+000	0.00 - 4.00	1.698	1.672	1.650	1.699	1.593	74	3.5	93.4	3.1	SP	41	1.02E-01
2+400	0.00 - 4.00	1.863	1.820	1.740	1.918	1.624	70	12.7	85.5	1.8	SP	41	1.52E-01
1+800	0.00 - 1.20	1.888	1.868	1.798	1.950	1.664	74	11.1	85.6	3.3	SP	41	1.30E-01
	1.20 - 1.70	-	-	-	-	-	-	-	87.2	12.8	SM	-	-
1+150	1.70 - 4.00	1.887	1.848	1.793	1.936	1.641	74	9.2	89.0	1.8	SP	41	1.52E-01
	0.00 - 1.40	-	-	-	-	-	-	0.9	95.9	3.2	SP	-	3.46E-02
	1.40 - 1.65	-	-	-	-	-	-	-	64.0	36.0	SM	-	-
	1.65 - 2.15	-	-	-	-	-	-	-	30.8	69.2	CL	-	-
	2.15 - 4.00	-	-	-	-	-	-	1.3	96.3	2.4	SP	-	4.80E-02
0+650	0.00 - 2.20	1.797	1.750	1.750	1.848	1.523	74	0.6	96.1	3.3	SP	41	7.02E-02
	2.20 - 4.10	-	-	-	-	-	-	0.3	97.1	2.6	SP	-	-
	2.20 - 2.40	1.923	1.869	1.869	-	-	-	-	29.1	70.9	CL	-	-
0+150	0.00 - 2.30	1.497	1.436	1.463	-	-	-	-	77.8	22.1	SM	-	-
	2.30 - 2.85	1.509	1.413	1.413	-	-	-	-	92.3	17.7	SM	-	-
	2.85 - 3.80	-	-	-	-	-	-	1.0	85.1	14.9	SM	-	-
	3.80 - 4.30	-	-	-	-	-	-	-	93.1	6.9	SM-SP	-	6.08E-03

Anexo 06. Mapa geomorfológico local de la ciudad de Ica.

(Referencia: Mitma, Alva 2005)





Anexo 07. Fenómenos hidrometeorológicos y geodinámicos en la provincia de Ica.

(Referencia: adaptado de MEF 2010)

Región	Provincia	Distrito	Año	Mes	Día	Duración (Días)	Evento	Causa
Ica	Ica	Salas	1972	2	15	7	Aluvión	Otra causa
Ica	Ica	Parcona	1972	3	9	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	Santiago	1972	3	12	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	Tate	1972	3	12	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	Yauca del Rosario	1973	1	13	1	Aluvión	Otra causa
Ica	Ica	Ica	1974	2	23	1	Lluvias	Otra causa
Ica	Ica	Ica	1976	1	30	4	Lluvias	Otra causa
Ica	Ica	Subtanjalla	1976	1	30	4	Lluvias	Otra causa
Ica	Ica	Salas	1976	1	30	4	Lluvias	Otra causa
Ica	Ica	-	1981	3	12	1	Inundación	Lluvias
Ica	Ica	La Tinguiña	1983	2	11	1	Aluvión	Otra causa
Ica	Ica	Ica	1990	1	1	120	Sequía	Otra causa
Ica	Ica	Parcona	1994	1	31	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	Ocucaje	1994	2	9	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	Santiago	1994	2	10	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	San Juan Bautista	1994	2	16	1	Inundación	Lluvias
Ica	Ica	-	1994	2	17	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	-	1994	3	2	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	Ocucaje	1995	3	14	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	San Juan Bautista	1995	3	14	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	Ica	1995	3	16	1	Inundación	Otra causa
Ica	Ica	Ica	1995	3	30	1	Inundación	Lluvias
Ica	Ica	San Juan Bautista	1997	12	23	0	Inundación	FEN
Ica	Ica	Ica	1998	1	23	0	Inundación	FEN
Ica	Ica	Salas	1998	1	25	0	Inundación	FEN
Ica	Ica	Ica	1998	1	29	1	Inundación	FEN
Ica	Ica	Ocucaje	1998	1	29	0	Inundación	FEN
Ica	Ica	San José de los Molinos	1998	1	29	0	Inundación	FEN
Ica	Ica	Santiago	1998	1	29	0	Inundación	FEN
Ica	Ica	La Tinguiña	1998	1	29	1	Aluvión	FEN
Ica	Ica	La Tinguiña	1998	1	29	0	Inundación	FEN
Ica	Ica	San Juan Bautista	1998	2	29	0	Inundación	FEN
Ica	Ica	Ocucaje	1998	2	16	0	Avenida	FEN
Ica	Ica	Ica	1999	3	19	0	Inundación	Otra causa