ESTUDIOS

- ANÁLISIS DE ESCURRIMIENTOS EXTERNOS
- ANÁLISIS DE LIXIVIADOS
- ESTUDIO GEOTECNICO

Proyecto:

AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CELDA 2 DEL RELLENO SANITARIO METROPOLITANO DE CHIHUAHUA

ANÁLISIS DE LOS ESCURRIMIENTOS EXTERNOS PROVENIENTES DE LA SIERRA NOMBRE DE DIOS.

Antecedentes:

Durante el año 2022, la Coordinación de Laboratorios Servicio Externo de la Facultad de Ingeniería de Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), desarrolló el ***ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL RELLENO SANITARIO ACTUAL UBICADO EN EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA, ESTADO DE CHIHUAHUA***, cuyo objetivo fue:

> "Realizar un diagnóstico para determinar el impacto hidrológico dentro y fuera del Relleno Sanitario Actual que pudiera impactar en los asentamientos existentes y futuros colindantes, además de analizar la posibilidad de la construcción de una nueva celda"

y uno de sus objetivos específicos fue:

> "Determinar de los caudales máximos y volúmenes de escurrimiento de las áreas de aportación a diferentes periodos de retorno".

Basado en los resultados de dicho estudio, se realiza este análisis para determinar las capacidades de la infraestructura que es necesario construir o rehabilitar, a fin de evitar que las aguas la cara oriente de la Sierra Nombre de Dios afecten al Relleno Sanitario.

Desarrollo.

Se consideró la siguiente información del citado documento:

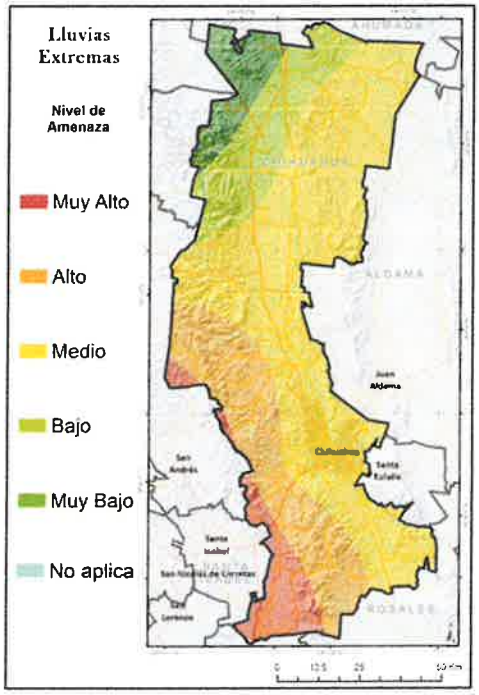
Páginas	Apartado	Información
22-24	2.7	Figura 15. Riesgos por inundación
47-49	4.1	Selección de las estaciones climatológicas y registros de precipitación
52-53	4.4	Análisis probabilístico de lluvias máximas anuales
54-56	4.5	Precipitación – Duración – Período de retorno (P-D-Tr)
60	5.1	Figura 26. Cuencas y subcuencas delimitadas

045

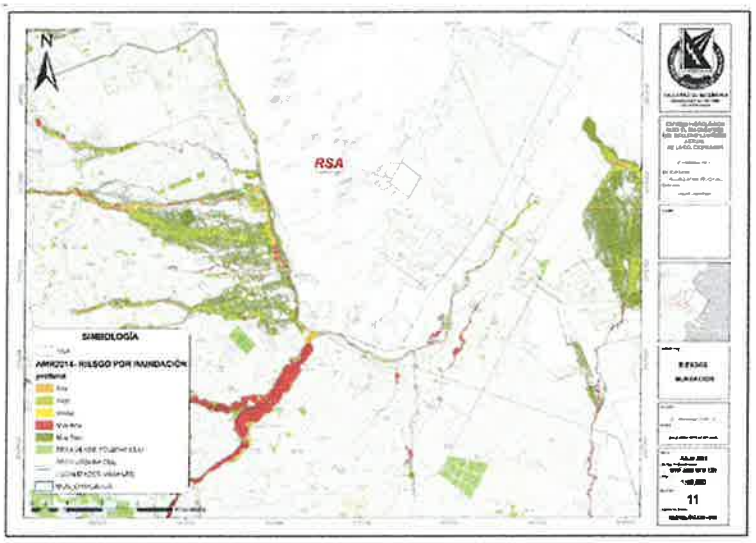
62	5.1	Tabla 16. Parámetros geomorfológicos de las cuencas Tabla 17. Tiempo de concentración de cada cuenca y subcuenca
69	5.2.4	Tabla 29. Datos de precipitación en mm
70	5.2.4	Tabla 30. Parámetros empleados en el uso del HEC-HMS para emplear el Método TR-55
70	5.2.4	Tabla 31. Caudales máximos de escurrimiento por el Método TR-55
71	5.2.6	Selección de los caudales para criterios de diseño

Con esta información, llegamos a lo siguiente:

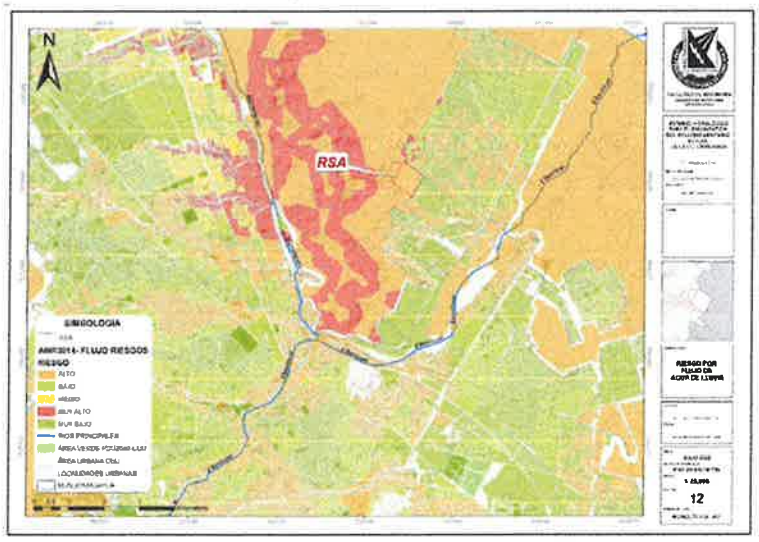
Conforme al análisis de riesgos por eventos de origen hidrometeorológico del Atlas Municipal de Riesgos 2014 (MUNICIPIUM, 2014), el riesgo de lluvias extremas en la Ciudad de Chihuahua, incluyendo la localización del Relleno Sanitario Metropolitano de Chihuahua (RSMCh), se clasifica como Medio.



Asimismo, el RSMCh no presenta riesgo por inundación debido a que se localiza en una zona topográficamente más elevada y que no existen escurrimientos o arroyos importantes.



Sin embargo, el riesgo por flujo de agua de lluvia, conforme al Atlas mencionado, si se encuentra en una zona caracterizada como zona de Riesgo Alto.



Por otra parte, el estudio de la UACH antes referido, menciona que se seleccionó la Estación Chihuahua cuya clave y coordenadas son:

Clave: QJICH
Coordenadas UTM:
X - 399261.49
Y - 3171951.62
Z – 1424

Sus registros de precipitación son del año 1960 a 2023.

El análisis de la información de esta estación llevó a las siguientes cifras, contenidas en diversas tablas.

Para diferentes períodos de retorno y distintas distribuciones de probabilidad, estos fueron los resultados:

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE LLUVIA MÁXIMA DE 24 HORAS A DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO								
PERIODO DE RETORNO	EXCEDENTES ANUALES	DISTRIBUCION NORMAL	LOG-NORMAL 2P	LOG-NORMAL 3P	GAMMA 2P	GAMMA 3P	LOG-PEARSON TIPO III	GUMBEL
2 años	50.09	57.01	52.71	53.45	53.82	50.97	52.01	53.14
5 años	74.31	83.11	73.42	74.57	75.30	78.35	73.39	74.01
10 años	92.63	96.76	87.30	88.07	88.51	96.61	88.55	87.82
20 años	110.95	108.03	100.72	100.74	100.52	113.94	103.83	101.08
25 años	116.85	111.31	105.00	104.71	104.21	119.39	108.84	105.28
50 años	135.17	120.71	118.30	116.86	115.28	136.06	124.77	118.24
100 años	153.49	129.16	131.70	128.82	125.88	152.43	141.40	131.09
500 años	196.03	146.27	163.65	156.46	149.30	189.79	183.37	160.80
1,000 años	214.35	152.85	177.90	168.44	159.02	205.73	203.12	173.58
5,000 años	256.89	166.80	212.36	196.69	181.01	242.61	253.47	203.22
10,000 años	275.22	172.35	227.86	209.10	190.29	258.49	277.28	215.98
EEA	3.56	5.74	3.87	3.92	4.31	4.49	3.26	3.73

*EEA = Error Estándar de ajuste

De estas distribuciones probabilísticas fue seleccionada la Log Pearson Tipo III debido a que su EEA es menor que el de las demás distribuciones.

Entonces, se obtuvieron las precipitaciones para 1 y 24 horas para diferentes periodos de retorno:

PRECIPITACIÓN ESTADÍSTICA PARA 24 HR Y 1 HR, PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO		
TR (AÑOS)	24 H	1 H
1.01	22.14	22.36
1.05	28.02	22.79
1.11	31.93	23.34
1.25	37.57	24.54
2.00	52.01	29.36
5.00	73.39	38.75
10.00	88.55	45.86
20.00	103.83	52.96
25.00	108.84	55.25
50.00	124.77	62.35
100.00	141.40	69.46
500.00	183.37	85.95
1000.00	203.12	93.06
5000.00	253.47	109.56
10000.00	277.28	116.66

Con los datos de la estación climatológica se obtuvo la curva de Precipitación – Duración – Periodo de Retorno (Tr), así como la de Intensidad – Duración – Tr, para poder calcular los Gastos Máximos (Q_{max}):

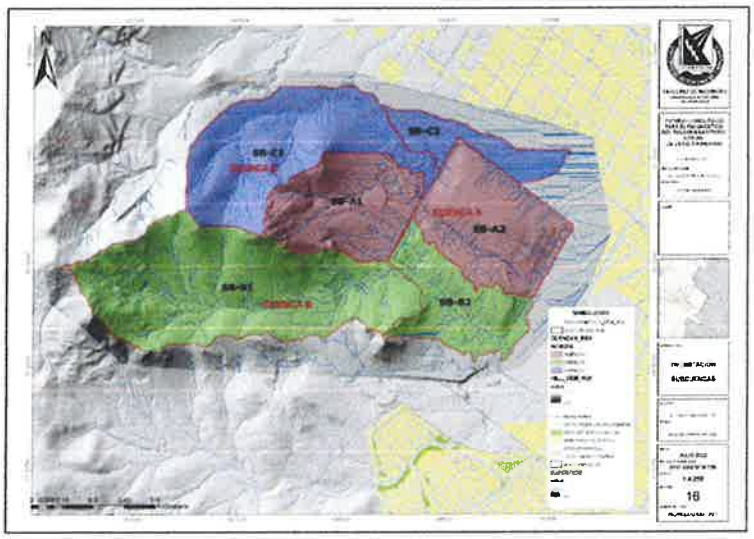
048

CURVAS DE PRECIPITACIÓN - DURACIÓN - PERÍODO DE RETORNO (P- D - TR) POR CHENG LUNG CHEN (MM)										
DURACIÓN (MIN)	PERIODO DE RETORNO TR EN AÑOS									
	2	5	10	20	25	50	100	500	1000	10000
60	25.6	36.1	44.0	51.9	54.5	62.4	70.3	88.6	96.5	122.8
120	30.9	43.5	53.1	62.6	65.7	75.2	84.7	106.9	116.4	148.1
180	34.0	47.9	58.3	68.6	72.2	82.7	93.2	117.5	128.0	162.8
240	36.2	51.0	62.1	73.3	76.9	88.1	99.2	125.1	136.3	173.4
300	38.0	53.4	65.1	76.8	80.6	92.3	104.0	131.2	142.9	181.7
360	39.4	55.5	67.6	79.7	83.7	95.8	107.9	136.2	148.3	188.6
420	40.6	57.2	69.7	82.3	86.3	98.8	111.3	140.4	153.0	194.6
480	41.7	58.7	71.6	84.5	88.6	101.5	114.3	144.2	157.1	199.8
540	42.7	60.1	73.3	86.4	90.7	103.8	117.0	147.6	160.7	204.5
600	43.6	61.4	74.8	88.2	92.6	106.0	119.4	150.6	164.1	208.7
660	44.4	62.5	76.2	89.9	94.3	108.0	121.6	153.4	167.1	212.6
720	45.1	63.5	77.5	91.4	95.9	109.8	123.7	156.0	169.9	216.2
780	45.8	64.5	78.7	92.8	97.3	111.5	125.6	158.4	172.5	219.5
840	46.5	65.4	79.8	94.1	98.7	113.0	127.4	160.7	175.0	222.6
900	47.1	66.3	80.8	95.3	100.0	114.5	129.1	162.8	177.3	225.5
960	47.7	67.1	81.8	96.5	101.2	115.9	130.6	164.8	179.5	228.3
1020	48.2	67.9	82.8	97.6	102.4	117.3	132.1	166.7	181.5	230.9
1080	48.8	68.6	83.6	98.7	103.5	118.5	133.6	168.5	183.5	233.4
1140	49.2	69.3	84.5	99.7	104.6	119.7	134.9	170.2	185.4	235.8
1200	49.7	70.0	85.3	100.6	105.6	120.9	136.2	171.8	187.1	238.1
1260	50.2	70.6	86.1	101.6	106.5	122.0	137.5	173.4	188.8	240.2
1320	50.6	71.2	86.8	102.4	107.5	123.1	138.7	174.9	190.5	242.3
1380	51.0	71.8	87.6	103.3	108.4	124.1	139.8	176.3	192.1	244.3
1440	51.4	72.4	88.3	104.1	109.2	125.1	140.9	177.7	193.6	246.3

CURVAS DE INTENSIDAD - DURACIÓN - PERIODO DE RETORNO (I- D - TR) POR CHENG LUNG CHEN (MM/H)										
DURACIÓN (MIN)	PERIODO DE RETORNO TR EN AÑOS									
	2	5	10	20	25	50	100	500	1000	10000
60	25.6	36.1	44.0	51.9	54.5	62.4	70.3	88.6	96.5	122.8
120	15.5	21.8	26.5	31.3	32.8	37.6	42.4	53.4	58.2	74.0
180	11.3	16.0	19.4	22.9	24.1	27.6	31.1	39.2	42.7	54.3
240	9.1	12.7	15.5	18.3	19.2	22.0	24.8	31.3	34.1	43.3
300	7.6	10.7	13.0	15.4	16.1	18.5	20.8	26.2	28.6	36.3
360	6.6	9.2	11.3	13.3	13.9	16.0	18.0	22.7	24.7	31.4
420	5.8	8.2	10.0	11.8	12.3	14.1	15.9	20.1	21.9	27.8
480	5.2	7.3	9.0	10.6	11.1	12.7	14.3	18.0	19.6	25.0
540	4.7	6.7	8.1	9.6	10.1	11.5	13.0	16.4	17.9	22.7
600	4.4	6.1	7.5	8.8	9.3	10.6	11.9	15.1	16.4	20.9
660	4.0	5.7	6.9	8.2	8.6	9.8	11.1	13.9	15.2	19.3
720	3.8	5.3	6.6	7.6	8.0	9.1	10.3	13.0	14.2	18.0
780	3.5	5.0	6.1	7.1	7.5	8.6	9.7	12.2	13.3	16.9
840	3.3	4.7	5.7	6.7	7.1	8.1	9.1	11.5	12.5	15.9
900	3.1	4.4	5.4	6.4	6.7	7.6	8.6	10.9	11.8	15.0
960	3.0	4.2	5.1	6.0	6.3	7.2	8.2	10.3	11.2	14.3
1020	2.8	4.0	4.9	5.7	6.0	6.9	7.8	9.8	10.7	13.6
1080	2.7	3.8	4.6	5.5	5.8	6.6	7.4	9.4	10.2	13.0
1140	2.6	3.6	4.4	5.2	5.5	6.3	7.1	9.0	9.8	12.4
1200	2.5	3.5	4.3	5.0	5.3	6.0	6.8	8.6	9.4	11.9
1260	2.4	3.4	4.1	4.8	5.1	5.8	6.5	8.3	9.0	11.4
1320	2.3	3.2	3.9	4.7	4.9	5.6	6.3	7.9	8.7	11.0
1380	2.2	3.1	3.8	4.5	4.7	5.4	6.1	7.7	8.4	10.6
1440	2.1	3.0	3.7	4.3	4.6	5.2	5.9	7.4	8.1	10.3

En cuanto a la morfología de la zona, se delimitaron las cuencas y subcuencas que potencialmente pudieran afectar los terrenos del RSMCh, a causa de las lluvias cuyos escurrimientos llegaran a introducirse dentro de ellos.

049



En el Estudio en mención, queda definido que la subcuenca que presenta un riesgo por llevar sus escurrimientos potenciales dentro de los terrenos del RSMCh, es la denominada SB-A1, cuyos principales parámetros morfológicos son:

Superficie = 298,106.7775 m^2
Número de escurrimiento (N) = 78
Coeficiente de escurrimiento (C) = 0.65
Pendiente de la cuenca = 37.09%
Longitud de escurrimiento = 807.85 m
Pendiente de escurrimiento = 32.001

El valor de Tiempo de Concentración (Tc) se calculó por el método del US Soil Conservation Services (SCS), que fue de 11.66 minutos

El paso siguiente es calcular los caudales máximos de escurrimiento, que es lo que permite dimensionar la infraestructura necesaria para controlarla. Para esto, el grupo de estudio de la UACh, seleccionó el Método TR-55, mediante el paquete HEC-HMS (Hydrologic Modeling System – US Army Corps of Engineering ®) llegando a los siguientes datos de precipitación en mm, en función de distintos periodos de retorno:

DURACIÓN	PRECIPITACIÓN EN MM								
MINUTOS	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS	1,000 AÑOS
5	7.37	10.64	13.11	15.58	16.37	18.84	21.31	27.05	29.52
15	14.69	21.20	26.13	31.05	32.64	37.57	42.49	53.93	58.86
60	24.90	35.93	44.28	52.63	55.32	63.67	72.01	91.40	99.75
120	29.37	42.38	52.23	62.08	65.25	75.09	84.94	107.80	117.65
180	31.80	45.89	56.55	67.22	70.65	81.31	91.97	116.73	127.39
360	35.79	51.66	63.66	75.66	79.53	91.53	103.53	131.40	143.40
720	39.77	57.40	70.73	84.07	88.36	101.70	115.03	145.99	159.33
1440	43.89	63.34	78.06	92.78	97.51	112.23	126.95	161.12	175.83
2880	48.27	69.67	85.85	102.04	107.25	123.43	139.62	177.20	193.38
5760	50.99	73.59	90.68	107.78	113.28	130.38	147.48	187.17	204.27

050

Adicionando el cálculo del Potencial de Retención de la subcuenca, calculado en 71.64 mm, el Tiempo de Retención Inicial de 14.33 mm y el Tiempo de Retraso de 7.82 mm, el paquete HEC-HMS arroja los siguientes resultados de Gasto Máximo (Qmax) en función del Período de Retorno (Tr):

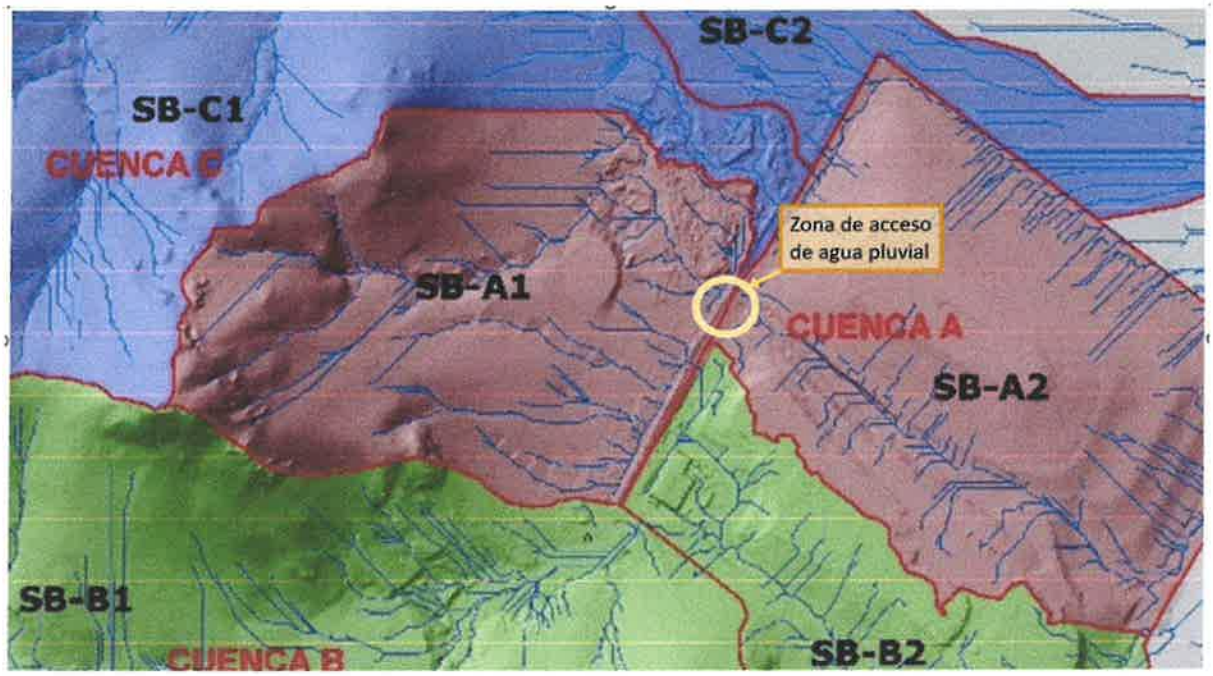
Tr (años)	Qmax (m^3/s)
2	0.3086
5	0.7934
10	1.2331
20	1.7108
25	1.8708
50	2.3814
100	2.9083
500	4.1705
1000	4.7248

Para este tipo de infraestructura urbana, no existe una norma específica que determine el Tr que se debe emplear, pero conforme a la práctica común, se considera un Tr=50 años, lo que significa un Qmax = 2.3814 m^3/s.

Desvío de las aguas provenientes de la Sierra Nombre de Dios

Sabiendo este dato, se procede entonces a calcular la capacidad de conducción de aguas de manera interna en el Relleno Sanitario.

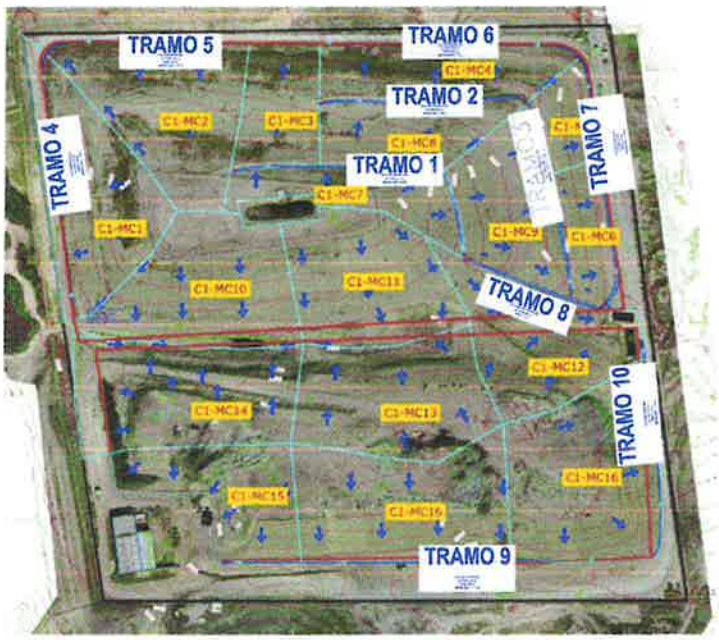
Para esto, se observa en la siguiente figura que el agua proveniente de la Sierra Nombre de Dios (Subcuenca SC-A1) pudiese ingresar al Relleno Sanitario por el área en donde se encuentran los depósitos de llantas. De tal forma, dichas aguas llegarían directamente a la zona ubicada en medio de las Celdas 1 y 2, que es precisamente en donde se pretende construir la ampliación de esta última.



Por otra parte, existen tanto en la Celda 1 como en la Celda 2, unos canales para el desalojo de aguas pluviales, que prácticamente rodean el Relleno Sanitario. Entonces, la solución más sencilla y que fue considerada para evitar la posibilidad de incorporación de estas aguas, fue la de construir un bordo de contención, que desviara las aguas torrenciales para incorporarlas a los canales existentes.

Para determinar la factibilidad de que las aguas desviadas puedan ser conducidas por los canales existentes, se realizó el siguiente análisis.

El estudio de la UACH determinó el siguiente esquema de microcuencas aportadoras a los canales existentes:



Situación actual de los canales existentes en la Celda 1

Conforme al multicitado estudio de la UACH, el canal inicia con una capacidad de 1.9286 m^3/s (tramo 4) en su recorrido NE. Después tiene un giro de 90º con dirección SE y aumenta su capacidad a 3.7486 m^3/s (tramo 5). Aproximadamente a la mitad de su recorrido con dirección SE, vuelve a incrementar su capacidad a 4.25 m^3/s (tramo 6), y nuevamente tiene otro giro de 90º para tomar la dirección SW, Desafortunadamente, en este caso (tramo 7), se consideró que el recorrido del canal llegaba hasta las lagunas de lixiviados, lo que es inexacto, porque este canal desfoga aproximadamente a la mitad de su recorrido, mediante una desviación a un terreno fuera de los límites del Relleno Sanitario.

Algunas de las características geométricas consideradas en el estudio de la UACH se encuentran en la siguiente tabla:

TRAMO	NIVEL DE ARRASTRE (m.s.n.m)		LONGITUD (L)	PENDIENTE (S)	BASE (B)	SECCIÓN TIPO	ALTURA MÁXIMA (H)
Nombre	**Inicial**	**Final**	**m**	**%**	**m**	**Forma**	**m**
TRAMO 1	1438.0	1428.0	364.05	2.75%	0.0	TRIANGULAR	0.30
TRAMO 2	1423.0	1412.0	254.38	4.32%	0.0	TRIANGULAR	0.30
TRAMO 3	1412.0	1407.0	244.41	2.05%	0.0	TRIANGULAR	0.50
TRAMO 4	1423.0	1419.0	321.27	1.25%	0.66	TRAPECIAL	0.65
TRAMO 5	1419.0	1406.0	334.11	3.89%	0.66	TRAPECIAL	0.70
TRAMO 6	1406.0	1400.0	315.14	1.90%	0.90	TRAPECIAL	0.80
TRAMO 7	1400.0	1399.5	311.58	0.50%	0.90	TRAPECIAL	0.90
TRAMO 8	1428.0	1402.0	183.21	14.19%	1.80	RECTANGULAR	0.90
TRAMO 9	1422.0	1407.0	514.91	2.91%	0.80	TRAPECIAL	0.80
TRAMO 10	1407.0	1401.0	266.19	2.25%	0.80	TRAPECIAL	0.80

053

La mala consideración hecha se refleja en la pendiente de dicho canal que conforme a su informe resultó de 0.5 en dicho tramo, con lo que el Qmax de ese tramo resultó en 2.9979 m^3/s. Si se utiliza de forma conservadora la misma pendiente del tramo anterior de 1.90%, el cálculo con la ecuación de Manning, nos lleva a 5.8440 m^3/s.

Adicionalmente, en dicho estudio se está considerando un Tr de 100 años, lo cual está fuera de dimensión para este tipo de infraestructura.

Haciendo los ajustes del tramo 7, y considerando un Tr de 50 años, se obtienen las capacidades libres en cada tramo, y en consecuencia la capacidad disponible para conducir los escurrimientos provenientes de la Sierra Nombre de Dios.

Tramo	Capacidad Qmax	Q Tr=100 años	Q Tr=50 años	Q Tr= 50 años acum	Q libre
4	1.9286	0.9785	0.8684	0.8684	1.0602
5	3.7486	0.9766	0.8687	1.7371	2.0115
6	4.2514	1.0538	0.9352	2.6723	1.5791
7	5.8440	0.2370	0.2104	2.8827	2.9613

Situación actual de los canales existentes en la Celda 2

Utilizando la misma figura anterior, se puede observar que para la celda 2, no se consideró la conducción en su parte poniente. Esto debido a que el canal que existe actualmente ha sido taponado para crear diversas vías de tránsito, haciéndola inoperante. Sin embargo, para este análisis, se le van a considerar características similares a las del siguiente tramo al que debiera conectarse, mediante la limpieza de dicho canal, y en el caso de los cruces vehiculares, realizar las obras necesarias para evitar dichos taponamientos y poner en funcionamiento el canal en su totalidad.

El canal inicia con una capacidad de 3.6748 m^3/s (tramo 9) en su recorrido SE. Después tiene un giro de 90° con dirección NE y su capacidad disminuye a 3.2325 m^3/s (tramo 10). Sin razón conocida, este canal no desemboca en alguna obra de descarga fura de los terrenos del Relleno Sanitario, por lo que es necesario que se considere su diseño y construcción. Actualmente, sirven de un muy precario almacenamiento de agua de lluvia y lixiviados, mismo que hay que resolver mediante el sellado de los "lloraderos" de lixiviados que hay a lo largo de su desarrollo.

Al igual que en la Celda 1, se hizo el ajuste para un Tr de 50 años, con lo que se obtuvieron las capacidades libres en cada tramo, y en consecuencia la capacidad disponible para conducir los escurrimientos provenientes de la Sierra Nombre de Dios.

054

Tramo	Capacidad Qmax	Q Tr=100 años	Q Tr=50 años	Q Tr= 50 años acum	Q libre
9	3.6748	1.7026	1.5111	1.5111	2.1637
10	3.2325	1.1385	1.0104	2.5215	0.7110

Análisis conjunto de ambas celdas

Como quedó establecido, Qmax esperado de la Sierra Nombre de Dios para un Tr de 50 años es de 2.3814 m^3/s.

Bajo la suposición de que dicho caudal se dividiera en partes iguales, por lo que una mitad se lograra desviar al canal de la Celda 1, y la otra mitad hacia la Celda 2, esta aportación adicional equivaldría a 1.1907 m^3/s hacia cada lado.

Como puede observarse en las dos últimas tablas, para la Celda 1, solo en el tramo 4, se tendría un déficit de (1.1907-1.0602) 0.1305 m^3/s, lo que significa posibles derrames temporales fuera de ese tramo de canal.

En cambio, en la Celda 2, el tramo 10 es el que tiene un déficit mayor (1.1907-0.7110) de 0.4797 m^3/s, que es ya más significativo.

Infraestructura propuesta

Como ya se mencionó, se propone construir un dique que impida la entrada de agua exterior a la zona de la ampliación de la Celda 2. En el Plano RSMCH-SAP-01 anexo, se pueden ver las características de dicho dique.

Adicionalmente, es necesario construir un cruce por la cara oriente de la Celda 2 para desfogar el tramo 10 del canal existente y no provocar inundaciones por desbordamiento de este en el acceso al Relleno Sanitario.

Asimismo, se requiere tener una limpieza y desazolve permanente en toda la red de canales del Relleno Sanitario, y conectar de nuevo sus secciones que se han interrumpido por taponamientos que impiden cualquier flujo en ellos.

En cuanto a la capacidad faltante en los canales de conducción de las aguas pluviales externas, se presentan dos posibilidades:

1. Dejar las capacidades actuales, en el entendido que en caso de una tormenta extraordinaria como la analizada, habrá derramamientos temporales de flujo sobre los caminos colindantes a ellos.

055

2. Incrementar la capacidad de estos canales descritos en el apartado anterior, para evitar los encharcamientos temporales mencionados. Esto se lograría incrementando sus dimensiones geométricas de base y/o altura.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Orden No. 617/23

HIDROSERVICIOS

Remitente de la muestra:

ATN. ING. JORGE ORTIZ PRIETO

Fecha de entrada de la muestra al laboratorio: 11 de Octubre de 2023

Fecha de impresión del reporte: 25 de Octubre de 2023

Análisis a una muestra compuesta de agua residual, recolectada y proporcionada a este laboratorio.

Parámetros	1292/ Fosa de tintas (Concentración)	Límites Máximos Permisibles NOM-001-SEMARNAT-2021 Suelo (infiltración y otros riegos)	Referencia normativa del método analítico
pH	8.36 a 24.0°C	6 - 9	NMX-AA-008-SCFI-2016
Nitrógeno total	1936.48 mg/L	NA	NMX-AA-026-SCFI-2010
Cloruros	5278.03 mg/L	*	NMX-AA-073-SCFI-2001
Fósforo total	10.73 mg/L	NA	Standard Methods 4500-P Método Ac. Ascórbico
Grasas y Aceites	25.07 mg/L	18 mg/L	NMX-AA-005-SCFI-2013
Conductividad eléctrica	19 960 µS a 25.0°C	*	NMX-AA-093-SCFI-2000
Demanda Química de Oxígeno	13 240.32 mg/L	180 mg/L	NMX-AA-030/2-SCFI-2012
Sólidos suspendidos totales	360 mg/L	120 mg/L	NMX-AA-034-SCFI-2001

*No los contempla la norma.
NA-no aplica

A T E N T A M E N T E
"POR LA CIENCIA PARA BIEN DEL HOMBRE"

Q.AL. ALFREDO BACA AGUIRRE
LAB. DE ANALISIS DE AGUA Y ALIMENTOS
REG EF/573, S.S.A.
REG JMA-PSAL-002-93
CED. PROF. 7915859

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y ALIMENTOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
Campus Universitario II
Circuito Universitario S/N, C.P 31125
Teléfonos: 52(614) 2366000
Chihuahua, Chih., Mex.
www.uach.mx/fcq

uach

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Orden No. 617/23

Remitente de la muestra: **HIDROSERVICIOS**

ATN. ING. JORGE ORTIZ PRIETO

Fecha de entrada de la muestra al laboratorio: 11 de Octubre de 2023

Fecha de impresión del reporte: 25 de Octubre de 2023

Análisis a una muestra compuesta de agua residual, recolectada y proporcionada a este laboratorio.

Parámetros	1292/ Fosa de tintas (Concentración)	Límites Máximos Permisibles NOM-001-SEMARNAT-2021 Suelo (infiltración y otros riegos)	Referencia normativa del método analítico
Cadmio	0.001 mg/L	0.15 mg/L	NMX-AA-051-SCFI-2001
Cromo total	1.387 mg/L	0.75 mg/L	NMX-AA-051-SCFI-2001
Niquel	0.528 mg/L	3 mg/L	NMX-AA-051-SCFI-2001
Zinc	0.466 mg/L	15 mg/L	NMX-AA-051-SCFI-2001
Arsénico	0.280 mg/L	0.15 mg/L	NMX-AA-051-SCFI-2001
Cobre	0.311 mg/L	5 mg/L	NMX-AA-051-SCFI-2001
Mercurio	0.002 mg/L	0.008 mg/L	NMX-AA-051-SCFI-2001
Plomo	0.051 mg/L	0.3 mg/L	NMX-AA-051-SCFI-2001

A T E N T A M E N T E
"POR LA CIENCIA PARA BIEN DEL HOMBRE"

Q.AL. ALFREDO BACA AGUIRRE
LAB. DE ANALISIS DE AGUA Y ALIMENTOS
REG EF/573, S.S.A.
REG JMA-PSAL-002-93
CED. PROF. 7915859

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
Campus Universitario II
Circuito Universitario S/N, C.P 31125
Teléfonos: 52(614) 2366000
Chihuahua, Chih., Mex.
www.uach.mx/fcq

058 uach

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

Geotecnia
Auditoría superior 2025
Punto 9.3

ESTUDIO DE GEOTECNIA Y ANÁLISIS DE PCA´S DEL PREDIO DONDE SE PRETENDE CONSTRUIR UNA CELDA PARA RESIDUOS SÓLIDOS EN RELLENO SANITARIO, UBICADO EN CD. CHIHUAHUA, CHIH.

CD. DELICIAS, CHIH., A 19 DE OCTUBRE DE 2023

EMS-0454

I. INTRODUCCIÓN.
II. OBJETIVO.
III. LOCALIZACIÓN DEL PREDIO.
IV. TIPO DE CONSTRUCCIÓN.
V. INVESTIGACION.
VI. CONDICIONES DEL LUGAR Y DEL SUB SUELO.
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
VIII. INSPECCIÓN.
IX. LIMITACIONES.

ANEXOS.

1. FICHA TÉCNICA DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO.
2. ESTRATIGRAFÍA DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO.
3. ENSAYE DE PERMEABILIDAD.
4. COMPRESIÓN TRIAXIAL Y GRÁFICAS.
5. ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN.
6. SONDEO PARA LOCALIZAR LA GEOMEMBRANA.

060

I. INTRODUCCIÓN.

Urmo Ingeniería Integral S.A. de C.V., encomendó a este laboratorio la realización del ESTUDIO DE GEOTECNIA del predio antes citado.

En este trabajo se resumen los datos del predio, así como características del subsuelo, también se describen las actividades de campo y laboratorio efectuadas.

II. OBJETIVO.

El objetivo de este trabajo de investigación es facilitar el procedimiento para el diseño y la construcción óptima de las estructuras que se van a realizar permitiendo que el cliente pueda utilizar al máximo sus recursos.

III. LOCALIZACIÓN DEL PREDIO.

El predio se localiza en el Relleno Sanitario de Cd. Chihuahua, Chih.

IV. TIPO DE CONSTRUCCIÓN.

Se proyecta construir una celda de residuos sólidos con una profundidad mínima de 1,00 m entre dos celdas, una de ellas en servicio.

V. INVESTIGACIÓN.

5.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

La estratigrafía del sub suelo y las condiciones del lugar fueron determinadas por medio de **2 sondeos tipo POZO A CIELO ABIERTO**, en el área donde se pretende construir esta obra, del que se obtuvieron muestras alteradas, las cuales fueron enviadas a laboratorio para su análisis y estudio, se anexa la localización del muestreo. Puede ser considerada adecuada solo para el grado de aproximación del método de exploración empleado.

5.2 INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas fueron previamente clasificadas, y posteriormente se enviaron al laboratorio, donde se llevaron a cabo las siguientes pruebas: Análisis granulométrico, Peso Volumétrico Seco Suelto, Peso Volumétrico Seco Máximo, Humedad Optima, Contenido Natural de Agua, Limite Liquido, Limite Plástico y Clasificación S.U.C.S., se anexan resultados.

VI. CONDICIONES DEL LUGAR Y DEL SUB SUELO.

6.1 PROPIEDADES GEOLÓGICAS.

El predio tiene un subsuelo constituido por depósitos residuales compuestos por arenas arcillosas con grava de mediana plasticidad.

6.2 TOPOGRAFÍA.

La topografía original del lugar consiste en una loma.

6.3 ESTRATIGRAFÍA.

Se determinó por medio de dos sondeos tipo POZO A CIELO ABIERTO, obteniéndose lo siguiente:

PCA-01.- Está constituida superficialmente por un estrato de arena arcillosa de color café oscuro, su fracción fina es de mediana plasticidad, tiene una permeabilidad de 3,51 X 10 -3, medianamente compacta, con un espesor de 1,00 m, contaminada con material de desecho, le subyace un estrato de arena arcillosa con grava de color café claro, su fracción fina es de mediana plasticidad, tiene una permeabilidad de 3,98 X 10 -3, medianamente compacta, de 1,00 a 1,80 m.

PCA-02.- Se encontró un estrato de arena arcillosa con grava de color café claro, su fracción fina es de mediana plasticidad, tiene una permeabilidad de 4,74 X 10 -3, medianamente compacta (de 0,00 a 1,90 m).

6.4 NIVEL FREÁTICO.

No se encontró a la profundidad explorada.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 CAPACIDAD DE CARGA.

Para el área del PCA-01 se determinó una capacidad de carga admisible de 35,12 ton/m^2 del suelo a una profundidad de 1,80 m.

Para el área del PCA-02 se determinó una capacidad de carga admisible de 35,19 ton/m^2 del suelo a una profundidad de 1,80 m.

062

7.2 OBSERVACIONES RESPECTO AL MATERIAL DE RELLENO O TERRAPLÉN.

El material para relleno o terraplén del interior de la edificación complementaria, relleno de respaldo de muros y banquetas, deberá ser previamente clasificado y graduado, libre de materia orgánica y sustancias deletéreas, no deberá contener partículas mayores de 2" y su composición granulométrica deberá ser similar cuando menos a la del material de sub base de pavimento flexible (material de banco) de tal manera que el porcentaje que pasa la malla No. 4 no sea mayor de 65% y el porcentaje que pasa la malla No. 200 no sea superior al 15%. El límite líquido de la fracción fina no deberá exceder de 30% y el índice de plasticidad no será superior al 8%, así mismo, un V.R.S. de por lo menos 60% previo al tendido y compactado del material que va a formar el relleno interior. Este deberá ser muestreado y aprobado por el laboratorio. La compactación del relleno deberá hacerse en capas con un espesor no mayor de 0,20 m, debiendo tener un contenido de agua óptimo de ±2%, la cual debe ser uniforme en todo el material de relleno.

La compactación deberá realizarse con equipo mecánico y aprobado por la supervisión hasta lograr el 95% como mínimo de su P.V.S.M., deberá llevarse a cabo un control de los grados de compactación obtenidos en cada una de las capas.

En el caso de que una de ellas o alguna porción de la misma no alcance la compactación requerida, se deberá compactar de nuevo. Todos los grados de compactación están referidos al Peso Volumétrico Seco Máximo del Material, determinado por la prueba AASHTO MODIFICADA (ASTM D-1557).

VIII. INSPECCIÓN.

Se recomienda una inspección minuciosa de las operaciones de compactación de terraplén o rellenos por capa, mediante la supervisión, y se determinen los pesos volumétricos secos del lugar por el laboratorio, recomendándose lo siguiente:

a) Tres determinaciones de Peso Volumétrico del Lugar por cada 300 m^2.
b) Una determinación de Peso Volumétrico Seco Máximo y Humedad Optima por cada variación del material.
c) Una determinación del estudio completo de calidad del material por cada 200 m^3.

063

Calle Mandarinas No 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

IX. LIMITACIONES.

La investigación, conclusiones y recomendaciones de este trabajo se realizaron bajo los criterios que fueron enunciados y las características de edificación descritas. **CUALQUIER CAMBIO EN LAS CONDICIONES ORIGINALES DEBERÁ SER REPLANTEADO A ESTE LABORATORIO PARA ANALIZARSE DE NUEVO.**

Los análisis y recomendaciones que fueron mencionados en este trabajo están basados en los datos obtenidos de **2 sondeos TIPO POZO A CIELO ABIERTO, MÁS ESTOS RESULTADOS NO REFLEJAN LA EXACTA VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO EN EL LUGAR, LA NATURALEZA Y LA EXTENSIÓN DE LOS DIFERENTES ESTRATOS A TRAVÉS DEL SUBSUELO PUEDE QUE NO SEA EVIDENTE HASTA QUE COMIENCE LA CONSTRUCCIÓN, POR LO QUE ES NECESARIO REPLANTEAR CUANDO SE NOTE ALGÚN CAMBIO EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO DESCRITAS EN ESTE TRABAJO.**

Espero que lo remitido sea de su utilidad, quedo de usted para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

ING. TERESA NUÑEZ RAMÍREZ **CÉDULA PROFESIONAL SEP No.** 5874381
GERENTE TÉCNICO

064

LCD
LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com
¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!
RAHG

ANEXO 1

FICHA TÉCNICA DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

Reporte de Pozo a Cielo Abierto (PCA)

Clave del PCA:	Coordenadas Geográficas del PCA	
PCA - 01		N-28°42'2.30"
		W-106° 2'24.28"

Localización De la Zona de Estudio

Del Área en la Zona de Estudio

Del PCA

Dimensiones del PCA

Concepto	Metros
Largo	2,10
Ancho	1,05
Profundidad	1,80
Nivel Freático	NO

Clasificación del suelo S.U.C.S.

Estrato No.	Entre Cotas (m)	Tipo de Suelo	Símbolo del grupo
1	0,00 A 1,00	B	SC

Descripción de los Materiales

Arena arcillosa de color café oscuro, su fracción fina es de mediana plasticidad, medianamente compacta.

0001 066

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

Reporte de Pozo a Cielo Abierto (PCA)

Resultados de Laboratorio

Parámetro	Valor	Unidad
Peso volumétrico seco suelto	1384	(kg/m³)
Peso volumétrico seco máximo	1908	(kg/m³)
Granulometría:		
Tamaño máximo	1	"
% Retenido en la malla de 75 mm (3")	0	(%)
% Que pasa la malla de 4,75 mm (No. 4)	82	(%)
% Que pasa la malla de 0,425 mm (No. 40)	62	(%)
% Que pasa la malla de 0,075 mm (No. 200)	28	(%)
Límite Líquido (LL)	37,0	
Límite Plástico (LP)	13,0	
Contracción Lineal (CL)	4,4	
Índice de Plasticidad	24,0	
Humedad óptima	13,1	(%)
Humedad del lugar	3,1	(%)
V.R.S. Estándar	24,00	(%)
Expansión	0,58	(%)
Factor de Abundamiento	1,27	
Permeabilidad	3,51 X 10-3	

067

LCD

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

Reporte de Pozo a Cielo Abierto (PCA)

Clave del PCA:	Coordenadas Geográficas del PCA	
PCA - 01		N-28°42'2.30"
		W-106° 2'24.28"

Localización De la Zona de Estudio

Del Área en la Zona de Estudio

Del PCA

Dimensiones del PCA

Concepto	Metros
Largo	2,10
Ancho	1,05
Profundidad	1,80
Nivel Freático	NO

Clasificación del suelo S.U.C.S.

Estrato No.	Entre Cotas (m)	Tipo de Suelo	Símbolo del grupo
2	1,00 A 1,80	B	SC

Descripción de los Materiales

Arena arcillosa con grava de color café claro, su fracción fina es de mediana plasticidad, medianamente compacta.

066

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

Reporte de Pozo a Cielo Abierto (PCA)

Resultados de Laboratorio

Parámetro	Valor	Unidad
Peso volumétrico seco suelto	1426	(kg/m³)
Peso volumétrico seco máximo	1924	(kg/m³)
Granulometría:		
Tamaño máximo	2	"
% Retenido en la malla de 75 mm (3")	0	(%)
% Que pasa la malla de 4,75 mm (No. 4)	74	(%)
% Que pasa la malla de 0,425 mm (No. 40)	48	(%)
% Que pasa la malla de 0,075 mm (No. 200)	26	(%)
Límite Líquido (LL)	38,0	
Límite Plástico (LP)	14,0	
Contracción Lineal (CL)	4,6	
Índice de Plasticidad	24,0	
Humedad óptima	13,6	(%)
Humedad del lugar	7,4	(%)
V.R.S. Estándar	38,00	(%)
Expansión	0,64	(%)
Factor de Abundamiento	1,26	
Permeabilidad	3,98 X 10-3	

069

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

Reporte de Pozo a Cielo Abierto (PCA)

Registro Fotográfico

070

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

Reporte de Pozo a Cielo Abierto (PCA)

Clave del PCA:	Coordenadas Geográficas del PCA	
PCA - 02		N-28°41'56.62"
		W-106° 2'16.13"

Localización De la Zona de Estudio

Del Área en la Zona de Estudio

Del PCA

Dimensiones del PCA

Concepto	Metros
Largo	1,80
Ancho	0,90
Profundidad	1,90
Nivel Freático	NO

Clasificación del suelo S.U.C.S.

Estrato No.	Entre Cotas (m)	Tipo de Suelo	Símbolo del grupo
1	0,00 A 1,90	B	SC

Descripción de los Materiales

Arena arcillosa con grava de color café claro, su fracción fina es de mediana plasticidad, medianamente compacta.

071

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

Reporte de Pozo a Cielo Abierto (PCA)

Resultados de Laboratorio

Parámetro	Valor	Unidad
Peso volumétrico seco suelto	1468	(kg/m³)
Peso volumétrico seco máximo	1974	(kg/m³)
Granulometría:		
Tamaño máximo	2	"
% Retenido en la malla de 75 mm (3")	0	(%)
% Que pasa la malla de 4,75 mm (No. 4)	58	(%)
% Que pasa la malla de 0,425 mm (No. 40)	32	(%)
% Que pasa la malla de 0,075 mm (No. 200)	16	(%)
Límite Líquido (LL)	33,0	
Límite Plástico (LP)	10,0	
Contracción Lineal (CL)	3.6	
Índice de Plasticidad	23,0	
Humedad óptima	10,6	(%)
Humedad del lugar	6,6	(%)
V.R.S. Estándar	76,00	(%)
Expansión	0,22	(%)
Factor de Abundamiento	1,25	
Permeabilidad	4,74 X 10-3	

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

Reporte de Pozo a Cielo Abierto (PCA)

Registro Fotográfico

073

LCD
LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com
¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!
RAHG

ANEXO 2

ESTRATIGRAFÍA DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO

074

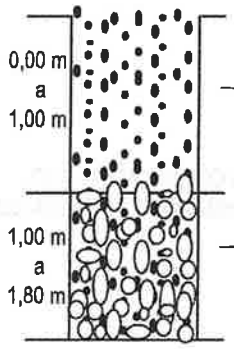
LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

ESTUDIO DE GEOTECNIA Y ANÁLISIS DE PCA´S DEL PREDIO DONDE SE PRETENDE CONSTRUIR UNA CELDA PARA RESIDUOS SÓLIDOS EN RELLENO SANITARIO, UBICADO EN CD. CHIHUAHUA, CHIH.

PCA-01

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Y CLASIFICACIÓN SUCS
 0,00 m a 1,00 m	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ OSCURO, MEDIANA PLASTICIDAD MEDIANAMENTE COMPACTA, CONTAMINADA CON MATERIAL DE DESECHO (SC)
1,00 m a 1,80 m	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA COLOR CAFÉ CLARO, MEDIANA PLASTICIDAD, MEDIANAMENTE COMPACTA (SC)

FINAL DEL SONDEO A : 1.80 m

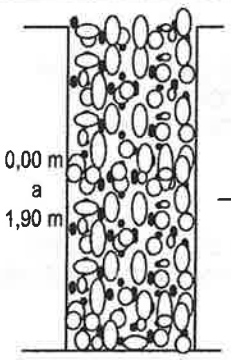
LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdezlcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

ESTUDIO DE GEOTECNIA Y ANÁLISIS DE PCA´S DEL PREDIO DONDE SE PRETENDE CONSTRUIR UNA CELDA PARA RESIDUOS SÓLIDOS EN RELLENO SANITARIO, UBICADO EN CD. CHIHUAHUA, CHIH.

PCA-02

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Y CLASIFICACIÓN SUCS
 0,00 m a 1,90 m	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA COLOR CAFÉ CLARO, MEDIANA PLASTICIDAD, MEDIANAMENTE COMPACTA (SC)

FINAL DEL SONDEO A : 1.90 m

LCD
LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com
¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!
RAHG

ANEXO 3

ENSAYE DE PERMEABILIDAD

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

REPORTE DE ENSAYE DE PERMEABILIDAD

NORMA APLICABLE ASTM D-5084

IDENTIFICACIÓN	PCA-01 ESTRATO 2	**MUESTRA No.**	1
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	**PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**	REMOLDEADA AL 95% DE SU P.V.S.M.
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	NP	**TRATAMIENTO DE LA MUESTRA**	CRIBADO POR MALLA No. 3/8"
PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO (kg/m^3)	-	**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**	NP
ALTURA DE ESPÉCIMEN, L (cm)	8.70	**DIÁMETRO DE ESPÉCIMEN (cm)**	6.20
ÁREA DE ESPÉCIMEN, A (cm^2)	80.28	**VOLÚMEN DE ESPÉCIMEN (cm^3)**	698.40
MASA INICIAL (g)	1347.10	**DENSIDAD DE SÓLIDOS**	2.63
PESO VOLUMÉTRICO SECO DEL ESPÉCIMEN (kg/m^3)	1861.70	**HUMEDAD DE ESPÉCIMEN**	3.60

DATOS DE LA PRUEBA DE CARGA VARIABLE		**DATOS DE LA PRUEBA DE CARGA CONSTANTE**	
TIPO DE PERMEÁMETRO	CARGA VARIABLE	**TIPO DE PERMEÁMETRO**	CARGA CONSTANTE
FECHA INICIAL	26-ago-2023	**FECHA INICIAL**	
FECHA FINAL	26-ago-2023	**ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL, A (cm^2)**	30.19
CARGA INICIAL, h (cm)	201	**ALTURA DE ESPÉCIMEN, L (cm)**	8.50
CARGA FINAL, h (cm)	170	**VOLÚMEN DE AGUA RECOLECTADA, Q (cm^3)**	200
ÁREA DE BURETA, "a" (cm^2)	1.67	**CARGA APLICADA, h (cm)**	32
TEMPERATURA DE PRUEBA, T (°C)	18	**TEMPERATURA DE PRUEBA, T (°C)**	19
TIEMPO DE PRUEBA, t_2-t_1 (seg)	6528	**TIEMPO DE PRUEBA, t_2-t_1 (seg)**	455
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD, k (cm/s)	4.64E-06	**COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD, k (cm/s)**	0.003882831
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD CORREGIDO, K20° (cm/s)	4.88E-06	**COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD CORREGIDO, K20° (cm/s)**	3.98E-03

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

REPORTE DE ENSAYE DE PERMEABILIDAD

NORMA APLICABLE ASTM D-5084

IDENTIFICACIÓN	PCA-02 ESTRATO 1	MUESTRA No.	2
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	REMOLDEADA AL 95% DE SU P.V.S.M.
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	NP	TRATAMIENTO DE LA MUESTRA	CRIBADO POR MALLA No. 3/8"
PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO (kg/m^3)	-	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	NP
ALTURA DE ESPÉCIMEN, L (cm)	8.78	DIÁMETRO DE ESPÉCIMEN (cm)	6.20
ÁREA DE ESPÉCIMEN, A (cm^2)	80.28	VOLÚMEN DE ESPÉCIMEN (cm^3)	704.90
MASA INICIAL (g)	1347.10	DENSIDAD DE SÓLIDOS	2.63
PESO VOLUMÉTRICO SECO DEL ESPÉCIMEN (kg/m^3)	1844.80	HUMEDAD DE ESPÉCIMEN	3.60

DATOS DE LA PRUEBA DE CARGA VARIABLE		DATOS DE LA PRUEBA DE CARGA CONSTANTE	
TIPO DE PERMEÁMETRO	CARGA VARIABLE	TIPO DE PERMEÁMETRO	CARGA CONSTANTE
FECHA INICIAL	26-ago-2023	FECHA INICIAL	
FECHA FINAL	26-ago-2023	ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL, A (cm^2)	30.19
CARGA INICIAL, h (cm)	201	ALTURA DE ESPÉCIMEN, L (cm)	8.50
CARGA FINAL, h (cm)	170	VOLÚMEN DE AGUA RECOLECTADA, Q (cm^3)	200
ÁREA DE BURETA, "a" (cm^2)	1.67	CARGA APLICADA, h (cm)	32
TEMPERATURA DE PRUEBA, T (°C)	18	TEMPERATURA DE PRUEBA, T (°C)	19
TIEMPO DE PRUEBA, t_2-t_1 (seg)	6528	TIEMPO DE PRUEBA, t_2-t_1 (seg)	382
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD, k (cm/s)	4.69E-06	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD, k (cm/s)	0.004628192
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD CORREGIDO, K20° (cm/s)	4.93E-06	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD CORREGIDO, K20° (cm/s)	4.74E-03

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

ANEXO 4

COMPRESIÓN TRIAXIAL Y GRÁFICAS

080

LCD
¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

RAHG

COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA

OBRA PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE CELDA DE RESIDUOS SÓLIDOS
LOCALIZACIÓN RELLENO SANITARIO
CD. CHIHUAHUA, CHIH.
CLIENTE URMO INGENIARÍA INTEGRAL S.A. DE C.V.

INFORME No. EMS-0454
FECHA DE RECIBO 03-oct-2023
FECHA DE INFORME 19-oct-2023

SONDEO PCA-01
ESTRATO 1,00 A 1,80 m
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA REMOLDEADA CON LAS CONDICIONES NATURALES
TIPO DE PRUEBA TRIAXIAL RÁPIDA
PRESIÓN CONFINANTE 0.5 kg/cm²
CONSTANTE DEL ANILLO 0.42
ESPÉCIMEN REMOLDEADO SI

DIÁMETROS			ÁREAS			DATOS		
SUPERIOR	3.89	cm	SUPERIOR	11.885	cm²	ALTURA	8.20	cm
MEDIO	3.88	cm	4 x MEDIO	47.295	cm²	ÁREA	11.83	cm²
INFERIOR	3.88	cm	INFERIOR	11.824	cm²	VOLÚMEN	97.01	cm³
			∑ / 6	11.834	cm²			

DEFORMACIONES			ESFUERZOS				
MICRÓMETRO	δ	δ/L	CARGA		ÁREA CORREGIDA Ac=Al/1-δ/L	DESVIADOR σ I -σ III	σ I
0,001"	mm	DECIM.	LECTURA	kg	cm²	kg/cm²	kg/cm²
1	0.0243	0.0003	63.65	6.5	11.837	0.548	1.048
2	1.0125	0.0123	242.89	24.8	11.982	2.068	2.568
3	2.1593	0.0263	256.29	26.1	12.154	2.151	2.651
4	3.3305	0.0406	257.96	26.3	12-335	2.133	2.633
5	4.5139	0.0550	254.61	26.0	12.523	**2.074**	**2.574**
6	5.7095	0.0696	249.59	25.5	12.720	2.002	2.502
7	6.9172	0.0844	257.96	26.3	12.924	2.036	2.536
8	8.1128	0.0989	252.94	25.8	13.133	1.964	2.464
9	9.2720	0.1131	244.60	24.9	13.343	**1.870**	2.370
10	10.5160	0.1282	226.10	23.1	13.575	**1.699**	2.199
11	11.7480	0.1433	207.70	21.2	13.813	**1.534**	2.034
12	12.9920	0.1584	202.70	20.7	14.062	1.470	1.970

DENSIDAD (Ss) = 2.62

PROBETA HUMEDA (Whi) = 184.30 g
PROBETA SECA (Ws) = 158.40 g
PESO DEL AGUA = 25.90 g
CONTENIDO DE AGUA = 16.4 %

VOLUMEN DE SOLIDOS = 60.46 cm³

RELACION DE VACIOS = 0.604
SATURACION INICIAL = 70.87 %
PESO VOLUMETRICO HUMEDO 1.900 g/cm³
PESO VOLUMETRICO SECO = 1.633 g/cm³

081

LCD
¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

RAHG

COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA

OBRA PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE CELDA DE RESIDUOS SÓLIDOS
LOCALIZACIÓN RELLENO SANITARIO
CD. CHIHUAHUA, CHIH.
CLIENTE URMO INGENIARÍA INTEGRAL S.A. DE C.V.

INFORME No. EMS-0454
FECHA DE RECIBO 03-oct-2023
FECHA DE INFORME 19-oct-2023

SONDEO PCA-01
ESTRATO 1,00 A 1,80 m
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA REMOLDEADA CON LAS CONDICIONES NATURALES
TIPO DE PRUEBA TRIAXIAL RÁPIDA
PRESIÓN CONFINANTE 1.0 kg/cm²
CONSTANTE DEL ANILLO 0.42
ESPÉCIMEN REMOLDEADO SI

DIÁMETROS			ÁREAS			DATOS		
SUPERIOR	3.88	cm	SUPERIOR	11.824	cm²	ALTURA	8.49	cm
MEDIO	3.87	cm	4 x MEDIO	47.051	cm²	ÁREA	11.83	cm²
INFERIOR	3.87	cm	INFERIOR	11.824	cm²	VOLÚMEN	100.44	cm³
			∑ / 6	11.783	cm²			

DEFORMACIONES			ESFUERZOS				
MICRÓMETRO	δ	δ/L	CARGA		ÁREA CORREGIDA Ac=Al/1-δ/L	DESVIADOR σ I -σ III	σ I
0,001"	mm	DECIM.	LECTURA	kg	cm²	kg/cm²	kg/cm²
1	0.7441	0.0088	2.89.79	29.6	11.877	2.489	3.489
2	1.5493	0.0182	532.68	54.3	11.992	4.531	5.531
3	2.5497	0.0300	618.11	63.0	12.154	5.194	6.194
4	3.7087	0.0437	638.21	65.1	12.137	5.288	6.288
5	4.8555	0.0572	656.64	67.0	12.311	**5.364**	**6.364**
6	6.0389	0.0711	675.06	68.9	12.487	5.433	6.433
7	7.2100	0.0849	683.44	69.7	12.675	5.418	6.418
8	8.3202	0.0980	688.46	70.2	12.866	5.380	6.380
9	9.5402	0.1124	685.10	69.9	13.052	**5.269**	6.269
10	10.7480	0.1216	685.10	69.9	13.630	**5.184**	6.184
11	11.9430	0.1407	690.10	70.4	13.479	**5.138**	6.138
12	13.1510	0.1549	685.10	69.9	13.700	**5.016**	5.016
13	14.3100	0.1686	678.40	69.2	13.931	4.887	5.887

DENSIDAD (Ss) = 2.62

PROBETA HUMEDA (Whi) = 185.40 g
PROBETA SECA (Ws) = 159.80 g
PESO DEL AGUA = 25.60 g
CONTENIDO DE AGUA = 16.0 %

VOLUMEN DE SOLIDOS = 60.99 cm³

RELACION DE VACIOS = 0.647
SATURACION INICIAL = 64.90 %
PESO VOLUMETRICO HUMEDO 1.846 g/cm³
PESO VOLUMETRICO SECO = 1.591 g/cm³

LCD
¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

RAHG

COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA

OBRA PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE CELDA DE RESIDUOS SÓLIDOS
LOCALIZACIÓN RELLENO SANITARIO
CD. CHIHUAHUA, CHIH.
CLIENTE URMO INGENIARÍA INTEGRAL S.A. DE C.V.

INFORME No. EMS-0454
FECHA DE RECIBO 03-oct-2023
FECHA DE INFORME 19-oct-2023

SONDEO PCA-01
ESTRATO 1,00 A 1,80 m
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA REMOLDEADA CON LAS CONDICIONES NATURALES
TIPO DE PRUEBA TRIAXIAL RÁPIDA
PRESIÓN CONFINANTE 1.5 kg/cm²
CONSTANTE DEL ANILLO 0.42
ESPÉCIMEN REMOLDEADO SI

DIÁMETROS			ÁREAS			DATOS		
SUPERIOR	3.88	cm	SUPERIOR	11.824	cm²	ALTURA	8.20	cm
MEDIO	3.88	cm	4 x MEDIO	47.295	cm²	ÁREA	11.83	cm²
INFERIOR	3.88	cm	INFERIOR	11.824	cm²	VOLÚMEN	97.01	cm³
			∑ / 6	11.824	cm²			

DEFORMACIONES			ESFUERZOS				
MICRÓMETRO	δ	δ/L	CARGA		ÁREA CORREGIDA Ac=Al/1-δ/L	DESVIADOR σ I -σ III	σ I
0,001"	mm	DECIM.	LECTURA	kg	cm²	kg/cm²	kg/cm²
1	0,8051	0.0098	311.56	31.8	11.941	2.661	4.161
2	1.4883	0.0182	603.03	61.5	12.042	5.108	6.608
3	2.2935	0.0280	830.85	84.7	12.164	6.967	8.467
4	3.3915	0.0414	904.55	92.3	12.334	7.481	8.981
5	4.6359	0.0565	869.37	88.7	12.532	**7.076**	**8.576**
6	5.8315	0.0711	847.60	86.5	12.729	6.792	8.292
7	7.0270	0.0857	825.82	84.2	12.932	6.514	8.014
8	8.2958	0.1012	773.89	78.9	13.155	6.001	7.501
9	9.5280	0.1162	775.50	77.1	13.378	**5.760**	7.260
10	10.8820	0.1327	675.10	68.9	13.633	**5.051**	6.551
11	12.2120	0.1489	572.90	58.4	13.893	**4.206**	5.706
12	13.3220	0.1625	603.00	61.5	14.117	**4.357**	4.357
13	14.5420	0.1773	604.70	61.7	14.373	4.292	5.792

DENSIDAD (Ss) = 2.62

PROBETA HUMEDA (Whi) = 184.70 g
PROBETA SECA (Ws) = 160.20 g
PESO DEL AGUA = 24.50 g
CONTENIDO DE AGUA = 15.3 %

VOLUMEN DE SOLIDOS = 61.15 cm³

RELACION DE VACIOS = 0.586
SATURACION INICIAL = 68.33 %
PESO VOLUMETRICO HUMEDO 1.904 g/cm³
PESO VOLUMETRICO SECO = 1.651 g/cm³

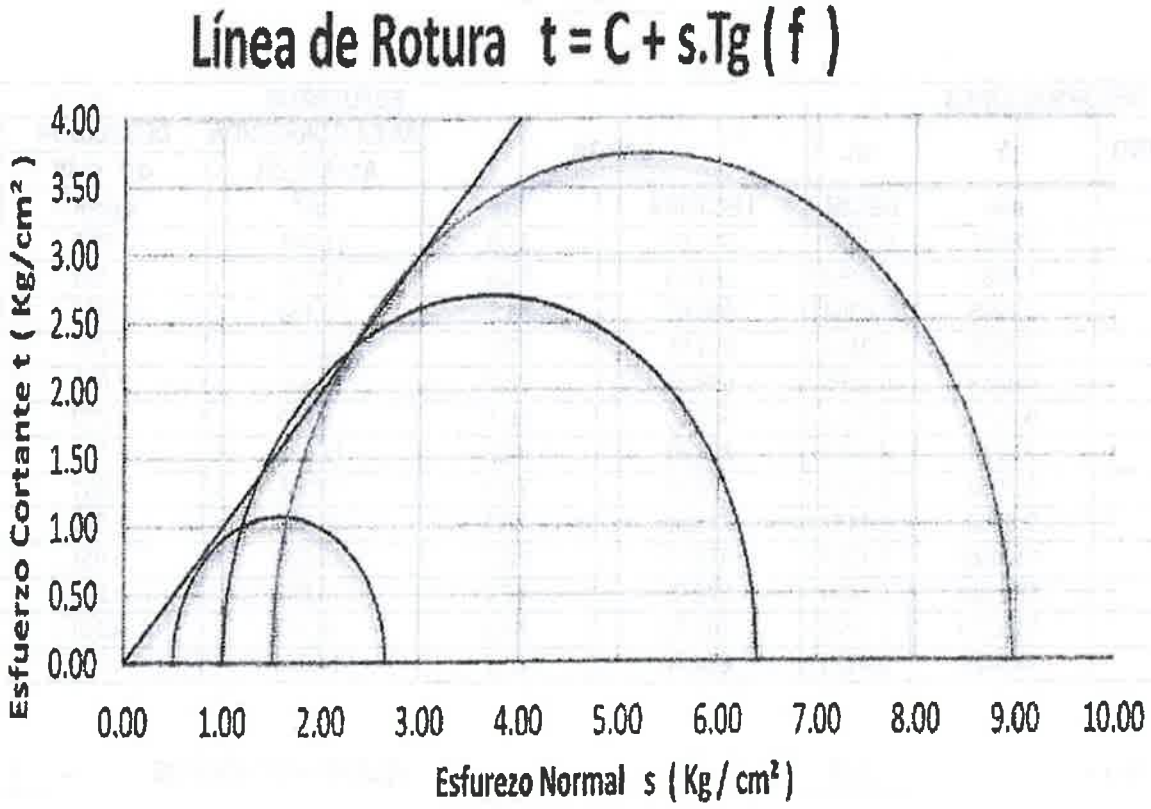
LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

FUERZA DE ATRACCIÓN ENTRE PARTÍCULAS COHESIÓN: C = 0 kg/cm²

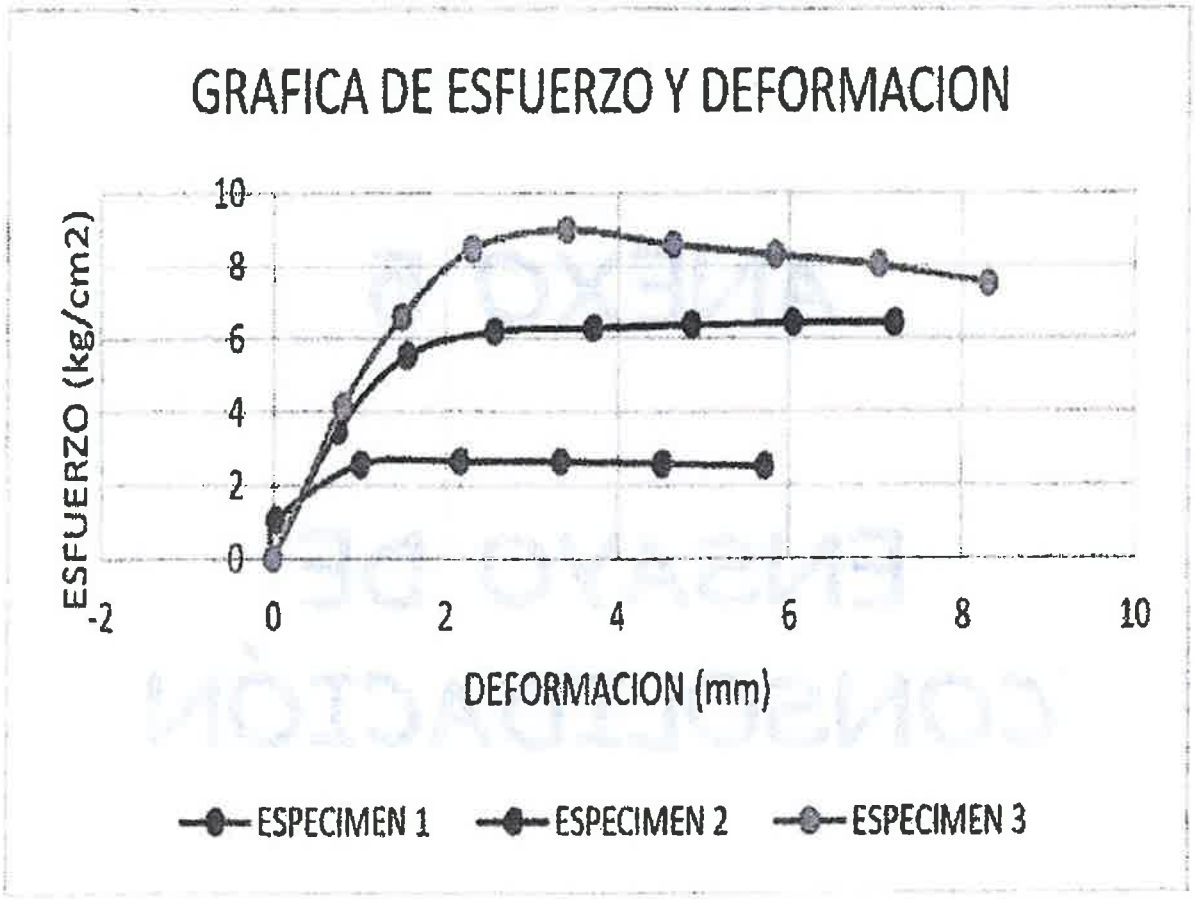
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA: f = 45º



LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG



LCD

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

ANEXO 5

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN

LCD

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

TOMA DE LECTURAS ENSAYO POR CONSOLIDACIÓN

TIEMPO (t)		LECTURA DEL DIAL							
Minutos	Raizde (t)	0023 Kg./cm2	0,23 Kg./cm²	,05 Kg./cm²	,11 Kg./cm²	,23 Kg./cm²	,46 Kg./cm²	,93 Kg./cm²	1,83 Kg./cm²
			0.095576	0.132744	0.246903	0.382301	0.613274	0.892035	1.261062
0.13	0.36	0.069	0.117	0.196	0.327	0.504	0.751	0.903	1.513
0.41	0.64	0.072	0.119	0.202	0.329	0.520	0.775	0.903	1.564
0.70	0.84	0.074	0.117	0.204	0.327	0.526	0.781	0.903	1.580
1.20	1.10	0.074	0.125	0.207	0.335	0.544	0.788	0.900	1.598
2.05	1.43	0.080	0.125	0.207	0.342	0.544	0.796	0.900	1.609
5.91	2.43	0.085	0.125	0.212	0.350	0.555	0.812	0.903	1.641
10.07	3.17	0.088	0.125	0.215	0.356	0.560	0.820	0.903	1.654
17.13	4.14	0.090	0.125	0.218	0.356	0.568	0.828	0.903	1.670
29.13	5.40	0.096	0.125	0.223	0.358	0.576	0.834	1.152	1.683
84.18	9.17		0.130	0.231	0.369	0.589	0.858	1.208	1.710
143.17	11.97		0.133	0.236	0.374	0.595	0.868	1.224	1.723
243.30	15.60		0.133	0.242	0.380	0.600	0.876	1.235	1.736
413.61	20.34		0.133	0.247	0.382	0.608	0.887	1.245	1.747
703.15	26.517			0.247	0.390	0.613	0.892	1.261	1.760
2032.12	45.08			0.247	0.390	0.613	0.903	1.261	1.779

DIMENSIONES DE LA MUESTRA		
	INICIAL	FINAL
Diámetro, D (cm.)	7.97	
Altura, H (cm.)	20	
W.Anillo (gr.)	85.3	
W.Anillo + Muestra (gr.)	251.5	258.6
W.Bloqué.+ P.porosa (gr.)		

HUMEDAD		
	NATURAL	FINAL
Recipiente No	1	15
W.m. Hum + Rec. (gr.).	166.20	173.30
W.m Seca + Rec. (gr.).	133.70	133.70
W.r (gr.).	0.00	0.00
Humedad. (%)	24.31	29.62

PESO ESPECIFICO DEL SUELO		
Temp. del ensayo (Tx)	°C	18
W.Pic.+ agua temp Tx (Wa)	gr.	669.30
W.Pic+Muestra+agua (Wb)	gr.	737.50
Peso Muestra Seca (Wo)	gr.	110.30
Peso especifico suelo (Gs)	gr/cm³	2.62

DESCARGA	
1,83 A ,93	1.754867
,93 A ,46	1.683186
,46 A ,23	1.608849
,23 A 11	1.545133

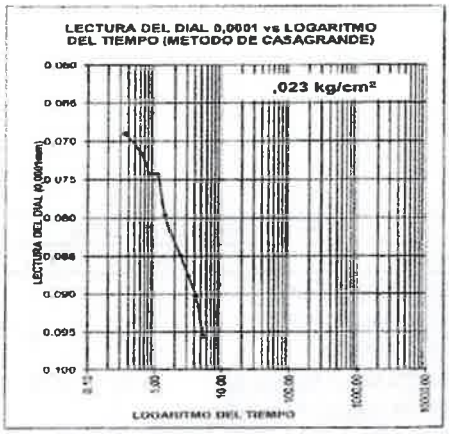
LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

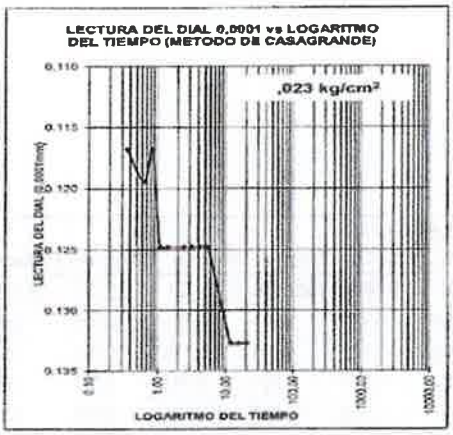
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

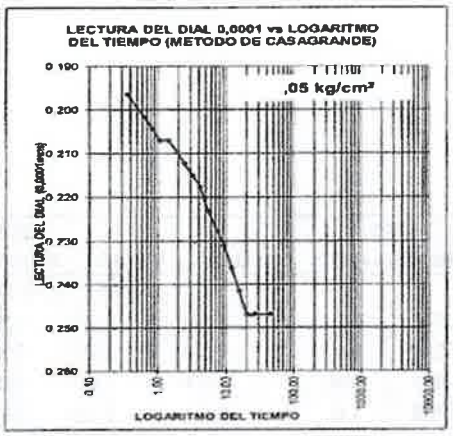
¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

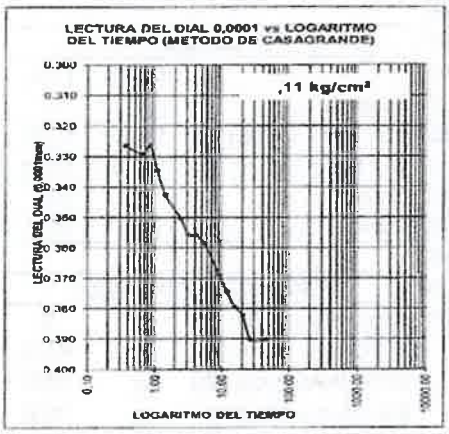
RAHG

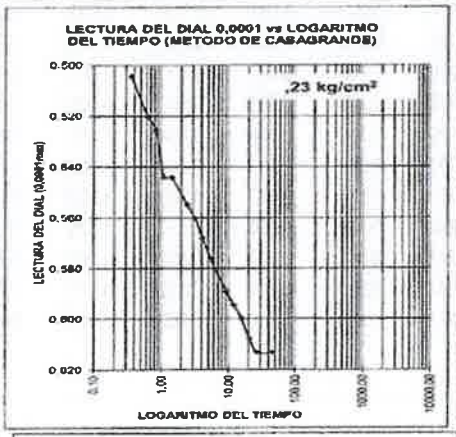
CASAGRANDE

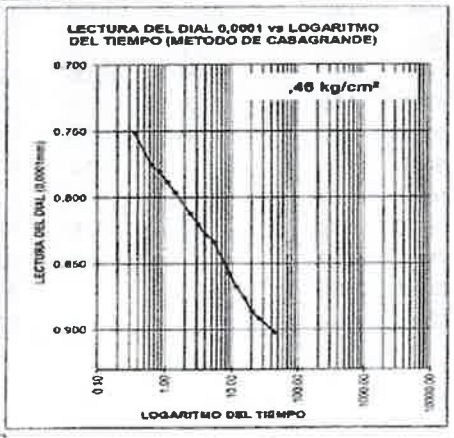


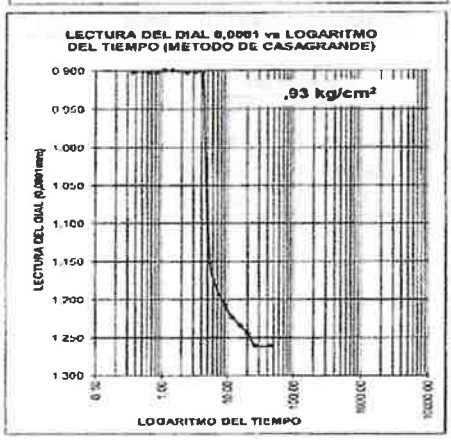


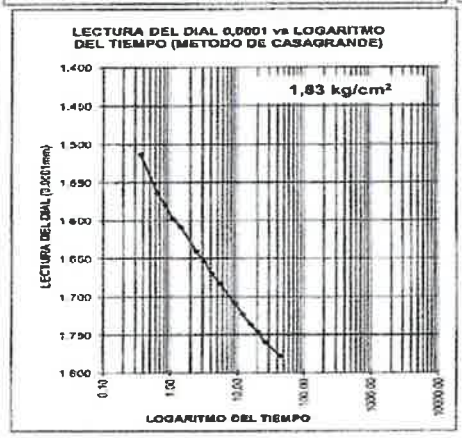












088

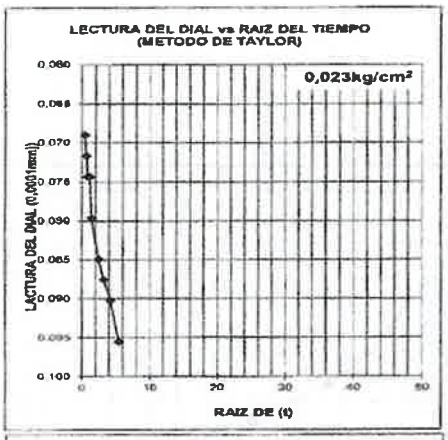
LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

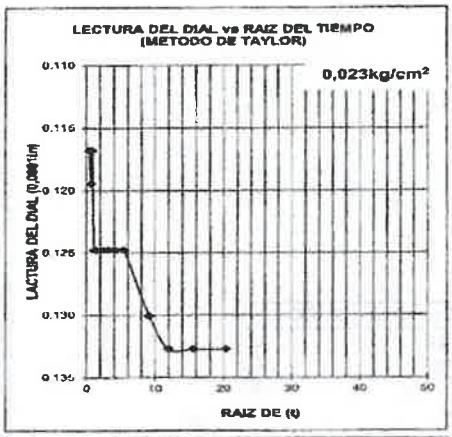
Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

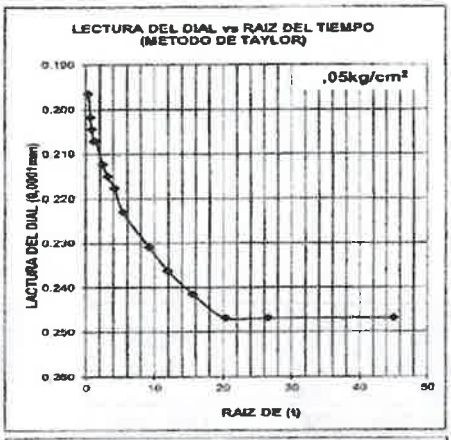
¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

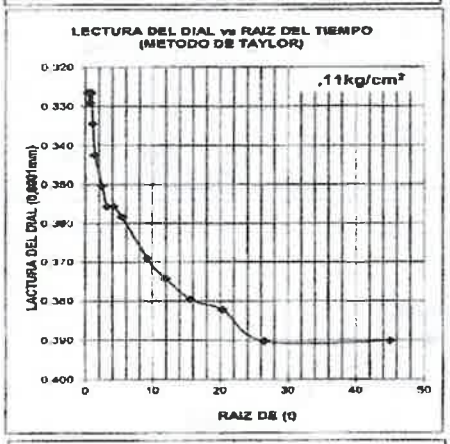
RAHG

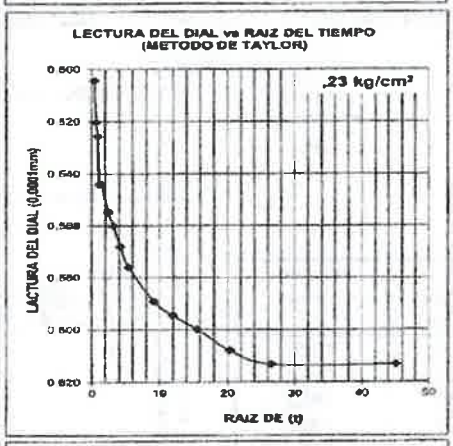
TAYLOR

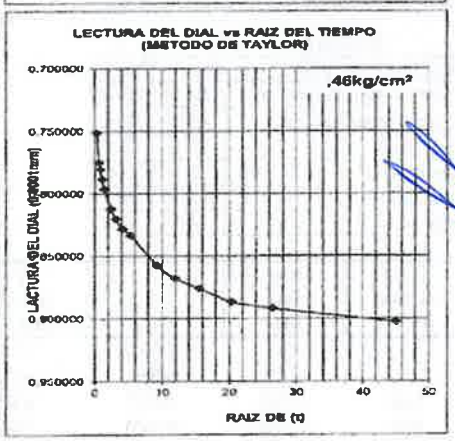


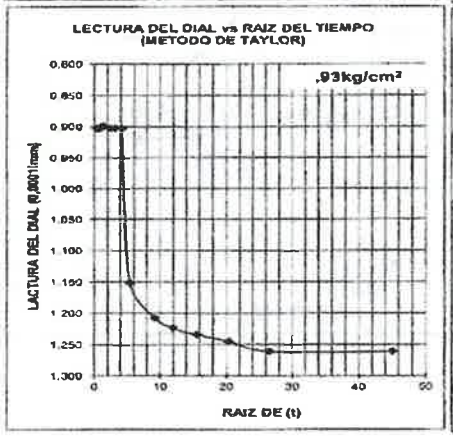


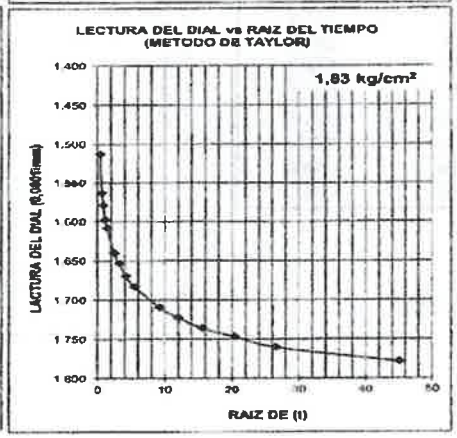












LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN

DIMENSIONES DEL ANILLO		B	
ALTURA	2	cm	20.00 MM
DIÁMETRO	7.97	cm	3.14 plg.
ÁREA	49.89	cm²	
Peso Unitario inicial		1.666	g/cm3

GRADO DE SATURACIÓN	%
Inicial	100
Final	100
Gs :	2.62

Altura de sólidos, 2Ho= $\frac{Ws}{Gs*Dw*A}$ = **1.0229 cm;** **10.2292 mm**

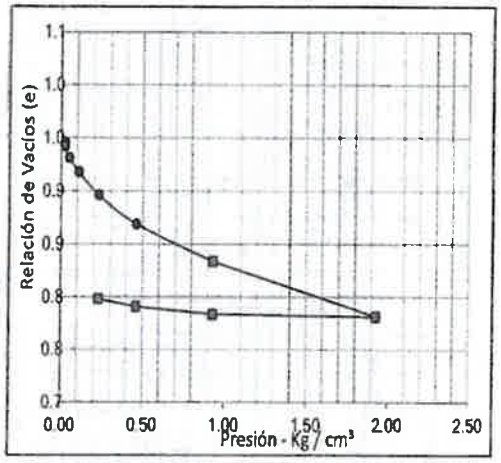
$$e = \frac{2H - 2Ho}{2Ho}$$

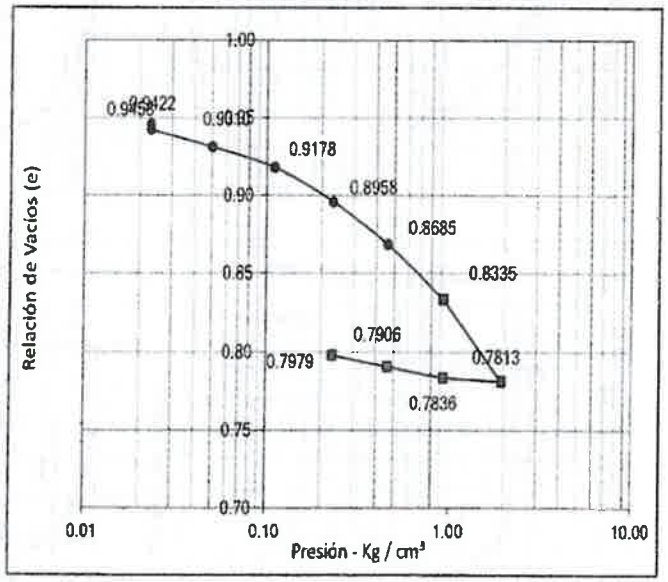
CONTENIDO DE HUMEDAD

PESO DE LA MUESTRA		Inicial	Final
Peso anillo+muestra hum.	g	251.50	258.60
Peso anillo+muestra seca.	g	219.00	219.00
Peso anillo	g	85.30	85.30
Peso del agua	Ws	32.50	39.60
Peso suelo seco	%	133.70	133.70
Humedad	%	24.31	29.62

Carga Aplicada (kg/cm²)	Lectura Final (plg.)	2H (plg.)	Altura vacíos (plg.) 2H - 2Ho	Relación de Vacíos e
0	20	20.0000	9.7708	0.9552
0.02	0.0956	19.9044	9.6752	0.9458
0.02	0.1327	19.8673	9.6380	0.9422
0.05	0.2469	19.7531	9.5239	0.9310
0.11	0.3823	19.6177	9.3885	0.9178
0.23	0.6080	19.3920	9.1628	0.8958
0.46	0.8867	19.1133	8.8841	0.8685
0.93	1.2451	18.7549	8.5257	0.8335
1.93	1.7788	18.2212	7.9920	0.7813
0.93	1.7549	18.2451	8.0159	0.7836
0.46	1.6832	18.3168	8.0876	0.7906
0.23	1.6088	18.3912	8.1619	0.7979

Relación de vacíos inicial	0.9552	
Relación de vacíos final	0.7813	
Presión de preconsolidación - Pc	0.30	kg / cm²





LCD

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN
DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

ANEXO 6

SONDEO PARA LOCALIZAR LA GEOMEMBRANA

LCD

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG

SE HIZO UNA EXCAVACIÓN A 0,60 m, NO SE LOCALIZÓ BASURA CONFINADA NI LA GEOMEMBRANA, SE DETERMINÓ UN 91% DE GRADO DE COMPACTACIÓN A ESA PROFUNDIDAD.

LABORATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE DELICIAS S.A. DE C.V.

Calle Mandarinas No. 632 Fraccionamiento Las Huertas C.P. 33086 Cd. Delicias, Chih. Tel. (639)-119-08-27 Y (639)-119-23-57 email: rarturohdez.lcd@hotmail.com

¡LA EXPERIENCIA ES LO QUE CUENTA!

RAHG