



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
N° Proceso: 7175015

MINUTA DCPRH N° 28 /

MAT.: Informa resultados de estudio batimétrico de laguna agua Dulce Región del Maule.

SANTIAGO, 15 de octubre de 2013.

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS.....	2
3. METODOLOGÍA	2
4. RESULTADOS.....	5
5. COMENTARIOS	6
6. CONCLUSIONES.....	7
7. ANEXO 1.....	8
8. ANEXO 2.....	10



1. INTRODUCCIÓN

La batimetría se define como el estudio de las profundidades ya sean marinas, de cursos de aguas, de lagos o embalses, en el cual se realiza un levantamiento del relieve de superficies subacuáticas. La finalidad de la batimetría es la obtención de las coordenadas X, Y, Z de todos los puntos, por lo que se obtiene la ubicación geográfica de un punto generalmente en UTM Norte y Este, y la profundidad asociada a este punto. La profundidad de un punto se obtendrá midiendo la distancia vertical entre el nivel del agua y la superficie del fondo.

En lagos la batimetría se utiliza para orientar la navegación y principalmente para calcular el volumen del cuerpo de agua, para esto se utilizan diferentes técnicas y equipos que realizan sondeos de profundidades.

En la Región del Maule se sitúa la laguna Agua dulce, pequeño cuerpo de agua ubicado en la comuna de Llico entre las latitudes 34° 44' y 34° 45' Sur y 72° 02' y 72° 04' longitud Oeste. Es un espejo de agua de 67 ha de superficie que se formó al cubrirse la salida de la quebrada por dunas provenientes del mar. Esta quebrada así obstruida, forma esta laguna al acumularse las aguas provenientes de lluvias invernales que no pueden ser desaguadas. Por tanto, terminando el periodo invernal, no existe otro aporte de tipo permanente que provenga de esteros, arroyos o vertientes que alimente la laguna.

Existe como antecedente del año 1997 un estudio que tenía como objetivo determinar el caudal o volumen máximo explotable de la laguna dulce y en donde a partir de la batimetría se determinó un volumen máximo de 7.150.000 m³.

Como una forma de actualizar esta información se realizó entre las fechas 1, 2 y 3 de octubre del año 2013 un nuevo mapa batimétrico de la laguna, con la finalidad de medir el volumen.

2. Objetivos

- ✓ Obtener datos batimétricos de la laguna agua dulce.
- ✓ Cálculo del volumen de agua de la laguna.

3. Metodología

Para la realización de la batimetría se procedió a trazar en gabinete transectos de tal manera de recorrer integralmente el cuerpo de agua, para esto se utilizó herramienta de Google Earth, en la cual se

dibujaron los transectos y se seleccionaron los vértices de partida y llegada de los trayectos aproximados para el recorrido (figura 1).

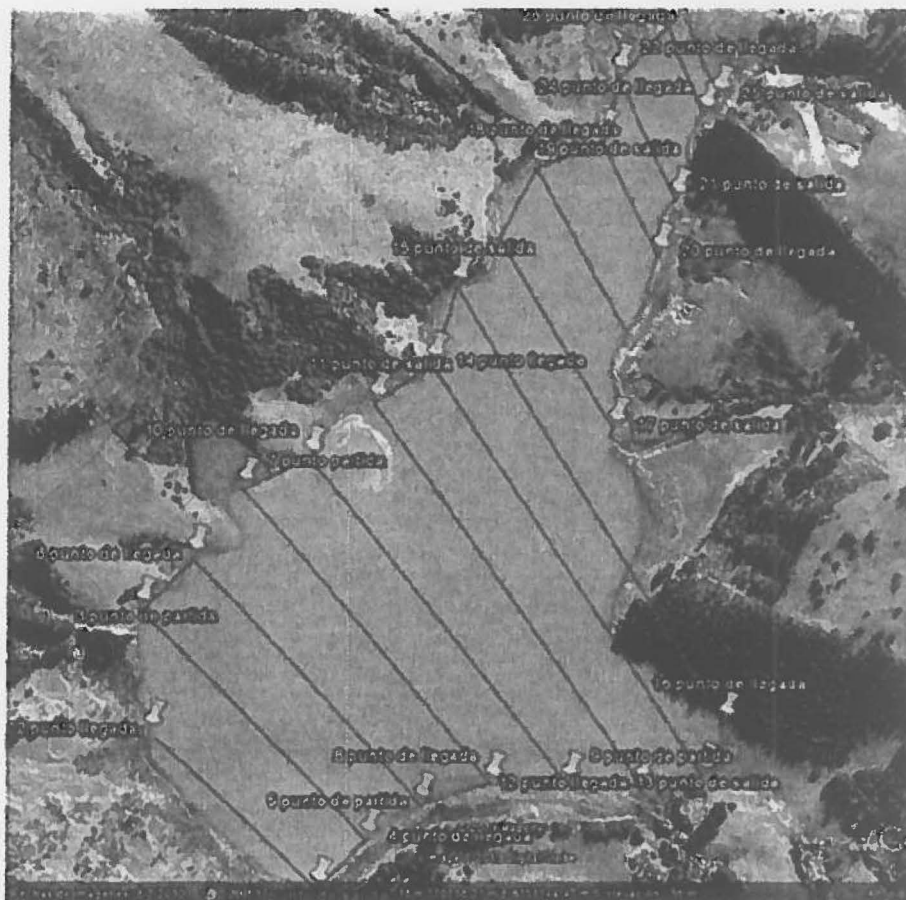
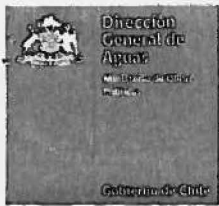


Figura 1 trayectoria de toma de datos en terreno.

Entre los días 1 y 3 de Octubre del año 2013 se llevó a cabo en terreno la medición de parámetros batimétricos. Desde el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos Nivel Central viajaron funcionarios especializados a realizar este trabajo el cual se realizó con los siguientes materiales figura 2 y 3:

- ✓ Bote zodiac RAP III motor fuera de borda 25 HP
- ✓ Ecosonda MAP421 S Garmin
- ✓ GPS 62 S Garmin



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DEPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
N° Proceso: 7175015



Figura 2 bote con motor fuera de borda



Figura 3 ecosonda 421 S Garmin

Se tomaron 228 puntos en el cuerpo de agua poniendo énfasis en los puntos de cero profundidad de la laguna, para delimitar de mejor forma el espejo de agua. (figura 3)

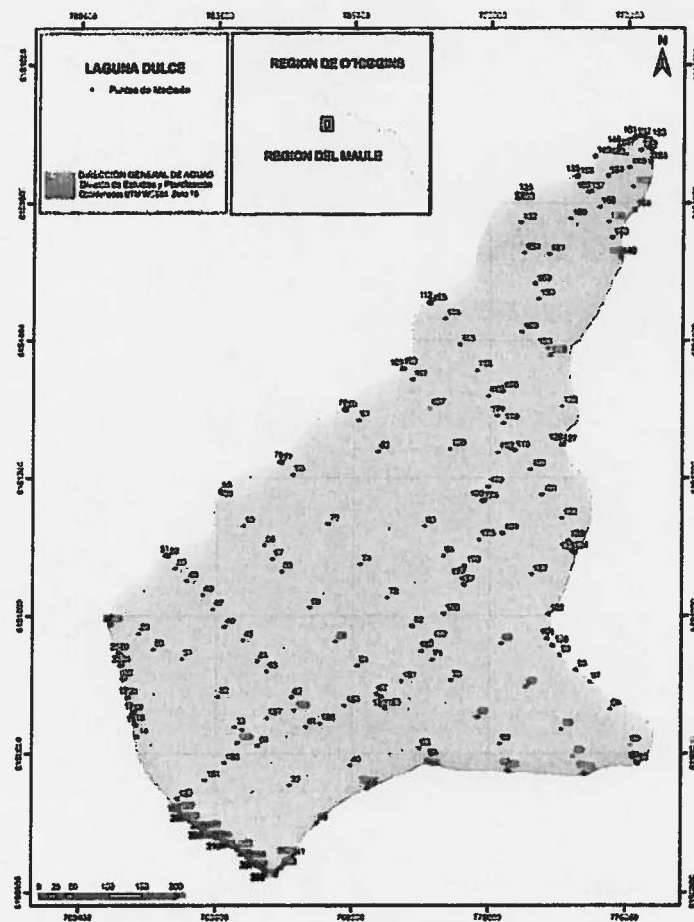
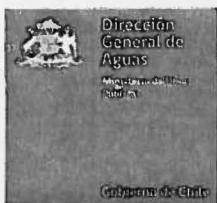


Figura 3 Distribución de puntos de monitoreo en la laguna Agua Dulce



Una vez en gabinete se recopilieron todos los datos tomados en el campo, los relativos a la red (vértices), y al reconocimiento batimétrico. Se ordenaron las reseñas de los vértices y de los puntos de apoyo, gráficos, cartas batimétricas, etc.

En el gráfico de la red se sitúan todas las estaciones y a continuación se procedió a numerar cada uno de los puntos. La numeración de cada uno de ellos es con el fin de evitar posibles errores.

Seguidamente se procedió a traspasar los datos de coordenadas geográficas y profundidades a Excel luego se ocupó una herramienta de SIG "Topo To Raster" ella es parte de la Extensión "Espacial Analyst" de ARCGIS. Con esta herramienta se generó un Modelo Digital de Elevación (DEM) que en este caso representa la batimetría. Para este caso no sólo se ocupó los puntos del Excel sino que para obtener un mejor resultado se generó una Capa de contorno de la laguna, la cual es la cota Cero (espejo de agua) este también fue basado en el archivo Excel pero es de carácter lineal.

Para el cálculo del Volumen se utilizó la herramienta, "Volumen de Polígono" de la extensión "3D Analyst" de ARCGIS esta consiste en superponer un polígono (en este caso la laguna) sobre el (DEM).

4. Resultados

Según los datos obtenidos en terreno, se realizó la Interpolación de los datos obteniéndose las curvas batimétricas a diferentes profundidades donde se puede observar claramente donde se encuentra la zona más profunda la cual no supera los 19 mts. (Figura 4).

El Volumen calculado según la batimetría obtenida de los datos de terreno es de: **4.099.842,8 m³**. y un área de **427.056,5 m²**

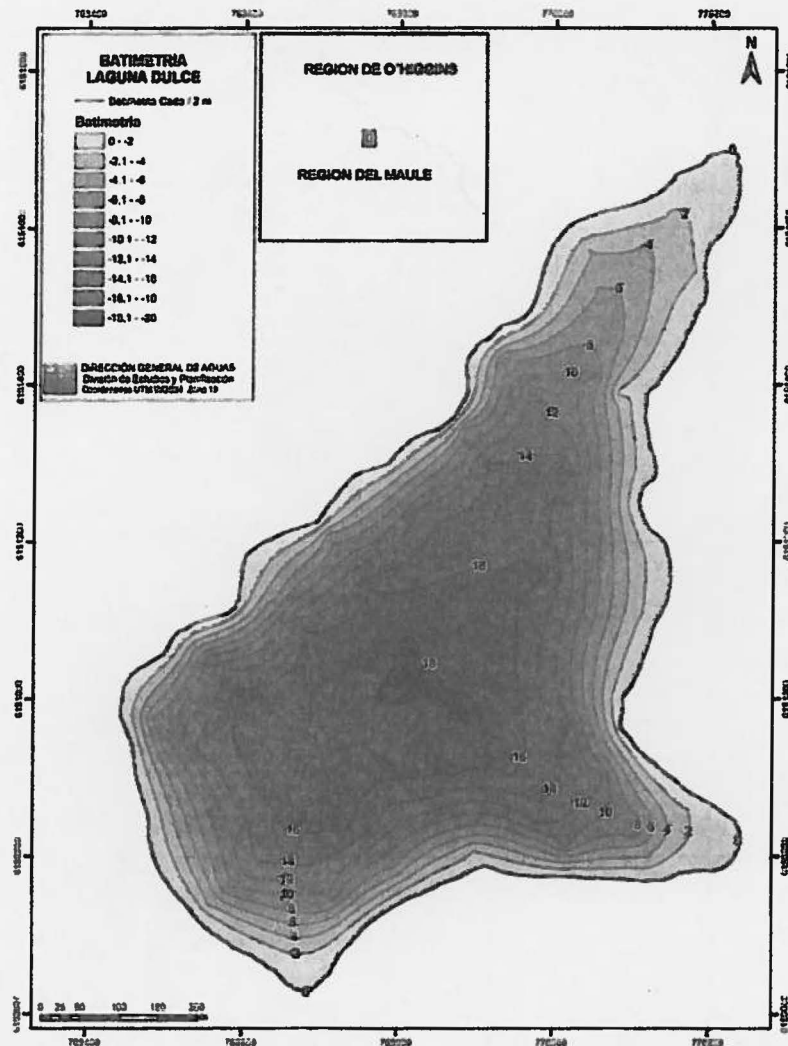


Figura 4 Curvas batimétricas de las profundidades de la laguna agua dulce obtenidas en Octubre 2013

En anexo 1 se presentan los datos geográficos y profundidades tomados en terreno

5. Comentarios

A través de la medición de datos en terreno se realizó la batimetría de la laguna dulce, al comparar este estudio con los datos del año 1997 se observa una disminución del volumen, esto puede deberse a que la cuenca donde se inserta la laguna es de tipo pluvial, sin recibir aportes de otro tipo y en los últimos años se ha presentado una fuerte sequía en la zona central de Chile.



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DEPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
N° Proceso: 7175015

En terreno se logra distinguir visualmente que existe una disminución del agua de la cubeta ya que la regla limnimétrica instalada en el año 1997 queda fuera de la zona inundada como se observa en la recopilación fotográfica expuesta en el anexo 2.

También hay evidencia de valvas del molusco *Diplodon chilensis* expuestos en terreno seco a 3 metros de la orilla, lo cual hace suponer que esta zona se encontraba inundada en alguna época (ver fotografías de terreno Anexo2)

6. Conclusiones

En 1997 se estimó un volumen de $7.150.000 \text{ m}^3$, a la fecha el volumen de la laguna alcanza sólo los $4.099.842,8 \text{ m}^3$.

En términos de superficie, históricamente se reportó una superficie de 67 ha, en comparación a determinación actual, que indica que la superficie de la laguna (espejo de agua) sólo alcanza los $427.056,5 \text{ m}^2$ (aprox 42 ha)



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
N° Proceso: 7175015

7. Anexo 1

Coordenadas y profundidades de los datos tomados en terreno.

Punto	Coordenadas		Profundidad	Punto	Coordenadas		Profundidad	Punto	Coordenadas		Profundidad
	Norte	Este	metros		Norte	Este	metros		Norte	Este	metros
158	6151692	770232	0,00	102	6151002	770087	0,00	237	6150630	769691	0,00
159	6151695	770225	0,00	101	6150966	770086	0,00	236	6150629	769690	0,00
160	6151697	770217	0,00	100	6150956	770094	0,00	235	6150628	769688	0,00
150	6151682	770231	0,00	83	6151129	769906	16,91	234	6150629	769682	0,00
157	6151679	770235	0,00	98	6150921	770128	0,00	192	6150740	769558	4,66
151	6151680	770230	0,20	97	6150903	770148	0,00	233	6150631	769674	0,00
156	6151672	770235	0,00	176	6151072	769964	15,62	232	6150632	769671	0,00
161	6151696	770210	0,00	99	6150942	770104	0,00	231	6150637	769664	0,00
162	6151694	770210	0,00	96	6150864	770178	1,90	225	6150655	769643	0,00
155	6151665	770235	0,00	84	6151086	769933	16,90	226	6150651	769647	0,00
152	6151675	770219	0,40	177	6151054	769961	15,58	227	6150648	769650	0,00
154	6151659	770234	0,00	87	6151044	769963	15,45	230	6150638	769660	0,00
148	6151682	770187	0,00	95	6150812	770207	1,20	229	6150642	769655	0,00
163	6151670	770198	0,55	94	6150787	770217	0,20	224	6150656	769640	0,00
147	6151678	770187	0,30	93	6150785	770218	0,00	228	6150645	769652	0,00
146	6151651	770203	0,80	86	6150959	770018	14,51	222	6150664	769631	0,00
145	6151623	770208	0,90	85	6150902	770059	13,47	221	6150666	769628	0,00
149	6151667	770152	0,00	88	6150896	770054	13,20	223	6150661	769633	0,00
164	6151638	770171	1,60	178	6151002	769934	17,75	220	6150667	769624	0,00
144	6151586	770212	0,00	78	6151224	769693	0,00	218	6150672	769618	0,00
135	6151640	770127	0,00	77	6151222	769694	0,46	219	6150668	769622	0,00
136	6151639	770125	0,30	76	6151204	769712	9,11	217	6150674	769614	0,00
165	6151616	770147	2,70	89	6150835	770107	10,20	216	6150676	769610	0,00
137	6151615	770143	1,90	75	6151133	769764	16,59	215	6150678	769607	0,00
138	6151594	770159	2,80	90	6150796	770124	3,80	193	6150734	769545	1,34
139	6151572	770172	2,60	91	6150774	770140	0,20	214	6150679	769602	0,00
140	6151549	770178	2,60	92	6150772	770141	0,92	213	6150681	769598	0,00
141	6151532	770188	1,50	74	6151074	769811	18,20	212	6150682	769595	0,00
143	6151521	770190	0,00	73	6151026	769851	18,02	211	6150684	769593	0,00
142	6151521	770190	0,20	179	6150963	769916	17,98	208	6150691	769584	0,00
166	6151577	770117	4,27	72	6150984	769888	18,16	209	6150688	769586	0,00
133	6151618	770036	0,30	71	6150936	769917	17,58	210	6150684	769589	0,00
134	6151613	770038	0,00	180	6150948	769902	17,94	207	6150692	769580	0,00
132	6151571	770044	4,10	70	6150905	769945	16,23	206	6150694	769577	0,00
167	6151525	770086	6,02	69	6150853	769983	14,40	205	6150696	769574	0,00
131	6151527	770050	6,00	68	6150814	770017	12,22	203	6150701	769568	0,00
168	6151481	770066	7,59	54	6151181	769606	0,26	204	6150698	769571	0,00
130	6151461	770071	7,50	53	6151181	769605	0,00	201	6150706	769561	0,00
153	6151389	770084	0,80	67	6150777	770030	0,40	202	6150703	769563	0,00
129	6151378	770088	3,90	66	6150775	770029	0,00	194	6150721	769544	0,26
169	6151412	770047	10,96	56	6151102	769670	14,59	200	6150707	769558	0,00
128	6151304	770106	1,70	55	6151130	769640	5,30	195	6150720	769544	0,00
112	6151457	769911	0,00	57	6151082	769682	16,19	199	6150710	769554	0,00
113	6151455	769912	0,50	181	6150904	769872	16,24	196	6150719	769544	0,00
114	6151432	769934	9,60	58	6151064	769696	17,18	198	6150712	769550	0,00



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
N° Proceso: 7175015

115	6151394	769956	12,10	59	6151011	769737	17,94	197	6150715	769548	0,00
126	6151250	770108	0,00	60	6150962	769775	17,92	44	6150933	769660	17,44
127	6151248	770105	0,20	61	6150927	769808	17,42	43	6150919	769674	17,43
170	6151326	770019	12,68	182	6150882	769843	14,95	42	6150881	769711	17,40
116	6151357	769981	13,30	62	6150886	769836	15,40	40	6150783	769798	8,02
117	6151319	769998	13,10	183	6150865	769849	12,82	41	6150838	769732	16,49
171	6151290	770011	17,58	63	6150807	769899	1,71	39	6150753	769823	0,32
118	6151280	770020	12,70	65	6150788	769913	0,00	37	6150751	769823	0,00
119	6151239	770037	10,80	64	6150788	769912	0,80	31	6150937	769550	15,54
120	6151212	770060	8,30	184	6150869	769789	14,20	32	6150882	769603	15,74
172	6151237	770012	13,26	51	6151088	769526	0,00	34	6150811	769662	15,73
121	6151175	770077	5,90	52	6151085	769529	0,84	29	6150974	769487	9,63
109	6151359	769874	0,60	50	6151068	769540	5,66	30	6150951	769508	11,51
110	6151360	769871	0,00	48	6151030	769580	15,32	33	6150838	769628	15,26
122	6151141	770106	2,80	49	6151050	769557	11,77	35	6150754	769709	13,93
111	6151343	769887	11,50	47	6151009	769595	16,12	27	6150987	769444	0,00
107	6151301	769912	14,30	45	6150964	769639	17,50	28	6150986	769445	0,59
123	6151109	770116	1,90	46	6150983	769612	17,14	36	6150700	769749	0,00
125	6151091	770126	0,00	185	6150843	769753	15,69	25	6150946	769460	0,59
124	6151092	770126	0,30	186	6150862	769715	16,95	26	6150946	769457	0,00
106	6151242	769942	15,10	187	6150851	769675	16,77	23	6150927	769462	0,61
173	6151187	769998	14,53	188	6150834	769639	15,61	24	6150928	769460	0,00
105	6151168	769993	14,20	189	6150815	769632	15,29	21	6150908	769468	0,52
174	6151165	769990	17,76	190	6150786	769613	14,12	22	6150908	769463	0,00
104	6151119	770020	12,50	243	6150657	769717	0,00	19	6150882	769473	0,37
103	6151059	770062	5,20	242	6150651	769714	0,00	20	6150881	769470	0,00
81	6151284	769808	4,83	241	6150649	769710	0,00	17	6150860	769481	0,52
79	6151300	769787	0,00	191	6150761	769585	10,52	18	6150858	769478	0,00
80	6151298	769789	0,34	240	6150645	769706	0,00	15	6150841	769484	0,37
175	6151110	769985	14,72	239	6150641	769702	0,00	16	6150843	769481	0,00
82	6151238	769837	14,08	238	6150635	769697	0,00	14	6150824	769482	0,36

8. Anexo 2

Recopilación fotográfica de terreno.



Figura 5 Observación plantas acuáticas en orilla.



Figura 6 Orilla de la laguna



Figura 7 Regla limnimétrica ubicada a 20 metros de la orilla del espejo de agua.



Figura 8 Observación de valvas de molusco *Diplodon chilensis* en orilla seca cercana a la laguna



Figura 9 Observación de valvas de molusco *Diplodon chilensis* en orilla seca cercana a la laguna en la cual ya ha crecido vegetación herbácea



Figura 10 Vista panorámica de la laguna Agua Dulce.



Marysol Azocar Gutiérrez
Departamento De Conservación y Protección de Recursos Hídricos
Dirección General de Aguas.