

CLAVE	2023-HC-30	TIPO:	ESTUDIO
REFERENCIA CRONOLÓGICA	OCTUBRE 2023	CLASE:	SERVICIOS
TÍTULO BÁSICO	ESTUDIO DEL BALANCE ANUAL DE MASA EN EL GLACIAR DE LA MALADETA		
INFORME	DETERMINACIÓN DEL BALANCE ANUAL DE MASA Y MOVIMIENTO DEL HIELO EN EL GLACIAR DE LA MALADETA. AÑO HIDROLÓGICO 2022-2023		
EMPRESA CONSULTORA	SPESA INGENIERÍA S.A.		



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL
DEL AGUA

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

UBICACIÓN	LA MALADETA (BENASQUE)
REFERENCIA CRONOLÓGICA	OCTUBRE 2023
TÍTULO BÁSICO	ESTUDIO DEL BALANCE ANUAL DE MASA EN EL GLACIAR DE LA MALADETA
INFORME	DETERMINACIÓN DEL BALANCE ANUAL DE MASA Y MOVIMIENTO DEL HIELO EN EL GLACIAR DE LA MALADETA. AÑO HIDROLÓGICO 2022-2023
AÑO HIDROLÓGICO	2022-2023

Equipo que ha participado en los trabajos:

Directora de los trabajos:

María Luisa Moreno Santaengracia

Jefe de proyecto:

Guillermo Cobos Campos

Equipo de campo y gabinete:

Guillermo Cobos Campos

Eduardo Lastrada Marcén

Alfonso Pedrero Muñoz

Fernando Gutiérrez Argul

Alberto Barseló Ferrer

José Agustín Collado Tramoyeres

Jonatan López López

ÍNDICE

GENERALIDADES	4
<u>ANTECEDENTES.....</u>	<u>4</u>
<u>METODOLOGÍA.....</u>	<u>5</u>
CONCEPTOS Y TÉRMINOS	5
TÉCNICAS APLICADAS.....	8
RED DE BALIZAS DE ABLACIÓN	9
<u>TRABAJOS REALIZADOS</u>	<u>13</u>
BALANCE DE MASA 2020-2021	13
CAMPAÑAS DE CAMPO.....	18
ANÁLISIS DE DATOS	22
DETERMINACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL HIELO	25
<u>RESUMEN Y CONCLUSIONES</u>	<u>27</u>

ANEJOS

ANEJO 1. GRÁFICOS

ANEJO 1.1 GLACIAR DE LA MALADETA. RED DE BALIZAS DE OBSERVACIÓN

ANEJO 1.2 GLACIAR DE LA MALADETA. MOVIMIENTOS INDIVIDUALES DE LAS BALIZAS

ANEJO 1.3 GLACIAR DE LA MALADETA. LÍMITES DEL GLACIAR

ANEJO 1.4 GLACIAR DE LA MALADETA. PERFIL LONGITUDINAL

ANEJO 2. RESULTADOS MODELO HIDROLÓGICO ASTER

ANEJO 3. FOTOGRAFÍAS

GENERALIDADES

El presente documento, con carácter de **INFORME**, tiene por objeto presentar un avance de las principales conclusiones alcanzadas, así como el detalle de los trabajos desarrollados, en la realización de los apartados correspondientes a:

Determinación del balance anual de masa y del movimiento del hielo en el glaciar de La Maladeta (año hidrológico 2022-2023) apartados correspondientes a la Asistencia Técnica “**ESTUDIO DEL BALANCE ANUAL DE MASA EN EL GLACIAR DE LA MALADETA**”.

Dicha Asistencia Técnica se enmarca dentro del **Programa ERHIN** de la **Confederación Hidrográfica del Ebro** del **Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico**.

ANTECEDENTES

El funcionamiento de la dinámica glaciar establece una conexión evidente entre los procesos de hielo y nieve; la acumulación de hielo glaciar se produce desde la transformación de acumulaciones anteriores de nieve que perduran después del período cálido anual. Más allá del valor que presenta la cuantificación de los recursos hídricos implicados en estos procesos, el mayor interés del conocimiento de la evolución de los aparatos glaciares procede de ser éstos unos valiosos testigos de la actividad nival y por lo tanto hidrológica, por cuanto proporcionan información sobre dos aspectos muy importantes relacionados con el factor nieve: acumulación total anual y fluctuación climática a media y larga escala.

Esta propiedad que ostentan los glaciares de acusar las variaciones interanuales del clima, cuya respuesta más evidente es la fluctuación de sus frentes, los convierte en útil instrumento para determinar el sentido y magnitud de los cambios climáticos. En particular, la posición meridional de los glaciares pirenaicos les confiere un valor excepcional y casi único en Europa para el estudio de dichos cambios climáticos en nuestras latitudes.

El Programa ERHIN (Evaluación de los Recursos Hídricos procedentes de la INnivación) de la DGA viene realizando desde 1990 un seguimiento sistemático de los glaciares, atendiendo a sus dinámicas morfológicas, evolutivas, climáticas, nivológicas e hidrológicas.

Para ello, este programa desarrolla un plan de trabajo que engloba actividades muy diversas en estos campos, como son:

- Control anual de las fluctuaciones glaciares.
- Actualización permanente de la información cartográfica.
- Medida del balance de masa glaciar.
- Determinación de espesores y estructura interna de las masas de hielo.
- Determinación de la topografía de los lechos glaciares.
- Cuantificación del movimiento superficial del hielo.
- Relación de la dinámica glaciar con respecto a la climática y más en concreto con respecto a la nival.
- Planificación general de investigaciones.

En lo que se refiere a los trabajos específicos del balance de masa, la DGOH procedió en 1991 a la instalación en el glaciar de La Maladeta de siete balizas de ablación. Así, desde 1992 se vienen realizando controles anuales sistemáticos de este aparato glaciar, disponiéndose en la actualidad de datos de treinta y dos años hidrológicos completos. El control topográfico de las balizas de ablación ha permitido, además, la determinación del movimiento superficial del hielo.

Los trabajos se han desarrollado con la ayuda del helicóptero AS 350 Ecureuil B3 (Aerospatiale Soud Aviation), contratado con la empresa Eliance con base en el Valle de Arán (Lérida). Resulta un aparato altamente cualificado para este tipo de trabajos en alta montaña.

Así mismo y, por primera vez, se han realizado dos vuelos mediante dron para medir la superficie del glaciar, uno lidar y otro fotogramétrico. Dichos vuelos han sido realizados por personal técnico de la empresa Baqueira Beret S.A.

METODOLOGÍA

CONCEPTOS Y TÉRMINOS

El balance anual de masa es la cantidad que expresa la variación sufrida por el volumen de hielo de un determinado glaciar a lo largo de un período hidrológico anual completo. En la

práctica, este balance se mide en términos de columna de agua equivalente (aplicando las densidades respectivas de hielo y nieve), como valor específico aplicable a toda la superficie ocupada por el hielo. De este modo se trabaja con una variable reducida que permite rápidas comparaciones con otros glaciares de muy distintos tamaños.

Los diferentes procesos que intervienen sobre el glaciar a lo largo del año se describen, simplificadaamente, a continuación.

Al comienzo del período invernal, esto es, cuando comienza el período de acumulación nival sobre el glaciar, la superficie presenta un estado que denominaremos inicial. Sobre un corte transversal, como el presentado en la figura 1, esta superficie define un perfil inicial. Durante todo el período invernal se suceden las precipitaciones en forma de nieve, de tal modo que, cuando dicho período puede darse en teoría por concluido, se ha definido un perfil de máxima acumulación nival superpuesto sobre el anterior. A partir de entonces comienza el período de ablación, en el que predomina la fusión de nieve -también la sublimación- y las precipitaciones pueden considerarse en su mayor parte líquidas (lluvia). Al terminar el período de ablación y con él el anual dando comienzo un nuevo ciclo, el glaciar adopta un perfil final definitivo distinto del inicial.

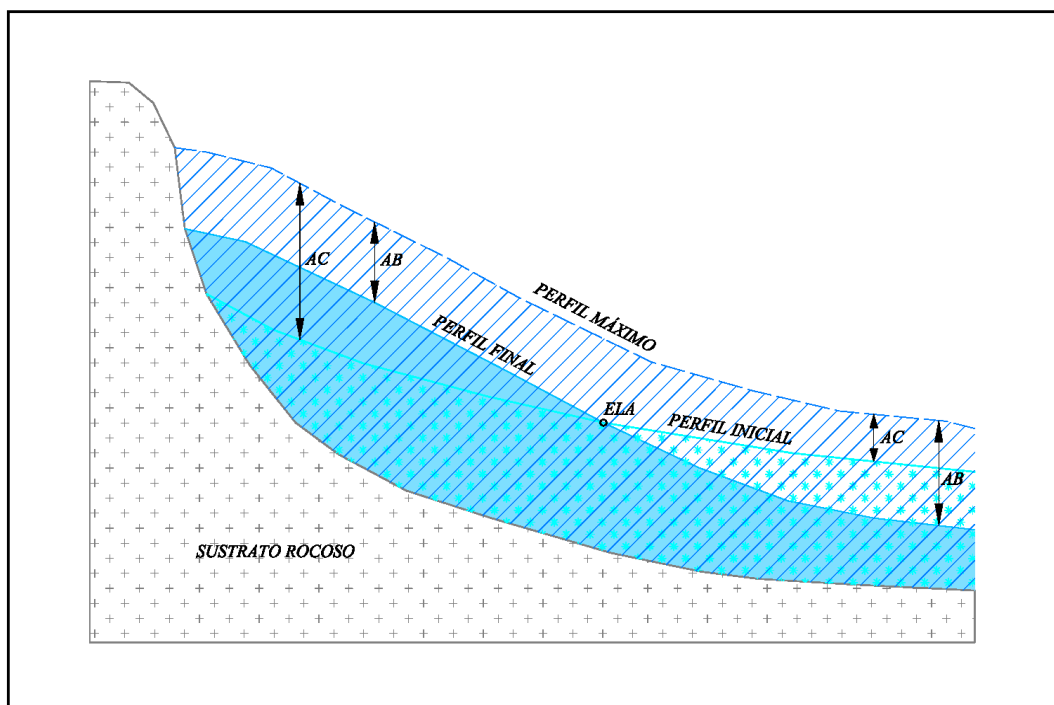


Figura 1. Esquema de un perfil glaciar.

En general, sobre cada punto del glaciar se habrán dado valores particulares de acumulación y de ablación y de la diferencia entre ambos se obtendrá el balance puntual. En determinadas áreas, las más altas o de acumulación, ocurre que durante el período de ablación no llega a fundir toda la nieve acumulada en invierno; en este caso el perfil definitivo se sitúa intermedio entre el inicial y el máximo, el balance es positivo y se da ganancia de masa. En las partes bajas la tasa de ablación supera a la de acumulación máxima; en este caso toda la nieve invernal desaparece e incluso funde parte del hielo glaciar subyacente, dándose una cierta pérdida de la masa preexistente.

Estas condiciones determinan la existencia de un punto (sobre el perfil, que es una línea a nivel superficial) en el que el balance es nulo, ya que la ablación es exactamente igual a la acumulación nival. La línea así dibujada sobre la superficie del glaciar es la denominada "línea de equilibrio". En la práctica, como es bien conocido, tanto la acumulación como la ablación pueden ser consideradas como fuertemente relacionadas con la precipitación y temperatura y éstas, caracterizadas por gradientes que dependen fundamentalmente de la altitud. Dicho de otro modo, la línea de equilibrio se asemeja mucho a una curva de nivel topográfico, de ahí que se maneje el concepto de "altitud de la línea de equilibrio" (ELA: Equilibrium Line Altitude) como valor característico anual en un glaciar determinado, separando claramente las llamadas zonas de acumulación (ganancia) y ablación (pérdida).

Esta exposición responde, como se ha dicho, a una interpretación ciertamente simplista. En la realidad el fenómeno es más complicado, no existiendo, por ejemplo, una separación temporal tan meridianamente clara entre los distintos períodos (lo cual no influye demasiado a la hora de calcular el balance).

A todo ello se debe superponer la componente dinámica asociada a la masa de hielo. La existencia de una zona con ganancia de masa, frente a otra con pérdida, determina la existencia de un flujo natural que provoca el desplazamiento del hielo como material plástico, con velocidades muy diversas que dependen de tamaños y espesores de la masa de hielo. Así, en algunos casos deberá tenerse en cuenta la llamada "zona de hielo sobreimpuesto", que corresponde a una pequeña banda situada por debajo de la línea de equilibrio, pero donde existe ganancia de masa; esta ganancia es debida al aporte másico producido dinámicamente

desde la zona de acumulación situada inmediatamente por encima de la línea de equilibrio, dándose un balance puntual positivo a pesar de encontrarse situada en una altitud donde la ablación es superior a la acumulación.

TÉCNICAS APLICADAS

Los procedimientos utilizables para proceder al cálculo de los diferentes componentes que intervienen en el balance son muy variados, y su diferente aptitud depende en gran medida de las características particulares de cada problema planteado.

En el glaciar de La Maladeta y dada la superficie a controlar, se ha optado por un método englobado entre los denominados "lineales".

Consiste, básicamente, en un procedimiento de cálculo que se apoya sobre datos obtenidos a partir de una red de balizas previamente instaladas en el hielo. La disposición de esta red persigue determinar, lo más fielmente posible, el gradiente altitudinal existente tanto en precipitaciones (acumulación), como en fusión (ablación-temperatura). Con estos valores puntuales se definen las correspondientes funciones lineales -con respecto a la altitud- que permiten realizar un cálculo extrapolado sobre el total de la superficie glaciar.

Las medidas de acumulación se realizan con la ejecución de sondeos en la capa de nieve, con extracción continua de testigo y determinación de la densidad -o equivalente en agua- por pesada directa de columna de testigo. Los puntos de muestreo se emplazan lo más cercano posible al emplazamiento de las balizas incrustadas en el hielo. No obstante, y dado que tales balizas son invisibles en la época de realización de las medidas (con máxima acumulación nival de hasta 6 metros de espesor, sobre balizas con emergencia máxima de 2 metros), dicho posicionamiento se realiza de manera aproximada -por ejemplo, con uso de altímetro y en los últimos años mediante GPS de navegación-. Esta práctica no tiene por qué añadir errores adicionales, siempre y cuando la lectura de altitudes se realice correctamente, no teniendo mayor trascendencia el hecho de que las lecturas no correspondan a posiciones exactas de las balizas.

Las medidas de ablación se realizan directamente sobre las balizas incrustadas en el hielo, a partir de la diferencia de lecturas -de longitud de emergencia sobre el hielo-, respecto a la temporada anterior. Así mismo, en los últimos años se están tomando puntos de la superficie por topografía clásica. Esto permite también medir el balance por diferencia entre superficies topográficas correspondientes a dos años hidrológicos consecutivos.

RED DE BALIZAS DE ABLACIÓN

De acuerdo con los criterios enunciados, la red de balizas instaladas inicialmente en La Maladeta se componía de un total de siete. Cinco de ellas se situaron a diferentes altitudes conformando una línea de máxima pendiente sobre el eje principal del glaciar. Las dos restantes se emplazaron a uno y otro lado, respectivamente, de esta línea teórica, en la zona de mayor amplitud del glaciar, formando una cruz a la altura de la baliza intermedia del eje principal (pueden observarse en la figura 2).

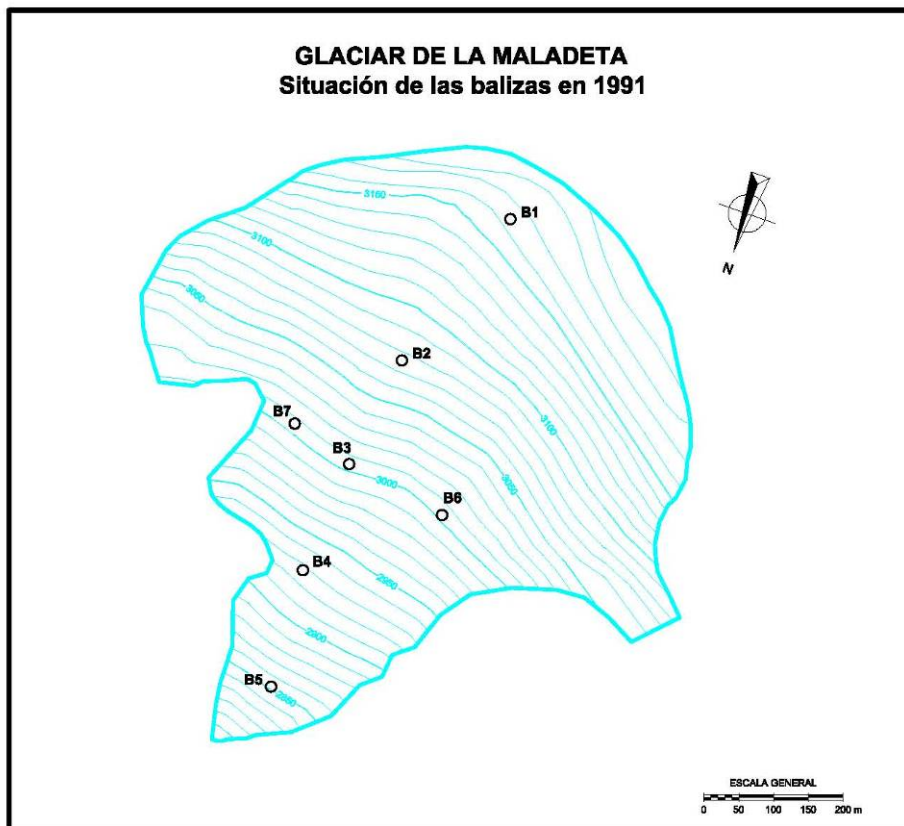


Figura 2: Red inicial de Balizas de Ablación

Cada baliza totaliza una longitud de 10 metros y están formadas por cinco tramos de 2 metros cada uno, fabricados en madera y pintados en colores diferentes (azul-negro-verde-amarillo-rojo). La unión entre tramos se realiza por medio de un pequeño trozo de cadena metálica, con el fin de dotar de la necesaria flexibilidad al conjunto y permitir, con ello, su adecuación al movimiento diferencial del hielo estratificado. En el extremo inferior de la baliza (tramo rojo) se dispone un fleje metálico, con el fin de garantizar la sujeción permanente del conjunto a la masa de hielo.



Para el emplazamiento de las balizas se realizan perforaciones previas en la capa de hielo, con el fin de preparar el taladro hueco de acogida del conjunto. En este caso se ha empleado un procedimiento de sondeo con vapor de agua, que resulta un procedimiento sencillo y de gran rendimiento (hasta 100 metros/hora). Los sondeos se prolongan hasta profundidades entre 9 y 10 metros, de acuerdo con las longitudes de las balizas preparadas en taller. Todas las balizas quedan después replanteadas con topografía de precisión, realizada desde una base adecuada externa al hielo.



La red de balizas de ablación del glaciar de La Maladeta se implantó en octubre de 1991 con un total de 7 balizas. Posteriormente en 1996, 2000, 2004, 2007, 2013 y 2018 se han realizado reinstalaciones de estos elementos a medida que han ido quedando inoperativas, al aflorar del hielo en su totalidad. Así se han instalado un total de 30 balizas. La red básica ha pasado a ser de 4 elementos de control en vez de 7 ya que la zona donde se situaba la B7 y B8 quedó aislada debido a la aparición de un afloramiento rocoso con lo que el movimiento en esa zona era inapreciable y actualmente ya no queda nada de hielo en esa zona. Tampoco se instalaron en 2007 balizas en la zona de la B6 ya que el continuo estrechamiento del glaciar ha hecho que también desaparezca esa zona, por lo que se ha preferido instalar las balizas tan solo en el eje central del mismo. Así mismo, en la zona donde se encontraban las balizas B5, B12 y B17, el hielo ha desaparecido por completo al retroceder el frente del glaciar. En 2007 se instaló una baliza (B20) a una cota situada entre las primeras B1 y B2 que permitía obtener el movimiento del glaciar en su parte superior, pero sin que ocurriera como con la B1 que se perdió desde el primer año de instalación debido a que se situó en la zona alta del glaciar en la cual éste aumentaba de espesor, es decir, por haberse instalado por encima de la línea de equilibrio.

Durante las mediciones de ablación realizadas en el año hidrológico 2006-2007, se observó la desaparición de las balizas centrales B13 y B19 que eran las únicas que quedaban en 2006 con apenas 1 m de las mismas incrustadas en el hielo. Por ello, los cálculos de pérdida de espesor del glaciar se realizaron en dicho año hidrológico a partir de las cotas de puntos tomados mediante topografía clásica en la superficie del hielo glaciar en aquellas zonas donde estaban ubicadas las balizas antiguas.

Durante el año hidrológico 2010-2011, la baliza B23 situada a menor cota desapareció también, al salir en su totalidad al exterior. No obstante, el cálculo del balance en esa zona realizó por topografía clásica, a partir de la diferencia de cota entre dicho año y el anterior. Dado el poco espesor de hielo que debe quedar en esa parte del glaciar, en 2013 no se instalaron balizas a tan baja cota, siendo la cota de la baliza inferior (B26) 2.952 m. En el año hidrológico 2011-2012 desapareció también la baliza 21 y en el año hidrológico 2013-2014 desapareció la baliza 22. En 2016-2017 desapareció la baliza 26; en 2017-2018 la baliza 25 y en 2018-2019 la baliza 24. En el año hidrológico 2019-2020 desapareció la baliza 20.

En la campaña (2017-2018) se decidió instalar cuatro nuevas balizas. Para ello se obtuvo previamente la zona del glaciar en la que el espesor era superior a 10 m (longitud de las balizas a instalar) según un estudio geofísico realizado el año anterior. A partir del resultado obtenido, se decidió instalar las nuevas balizas en el nuevo eje del glaciar y a una cota superior a 3.000 m según se muestra en la figura 3. En 2021 sólo quedaban las balizas B27, B28, B29 y B30 instaladas en 2018. **La baliza B1 instalada en 1991 en la parte alta del glaciar, justo en la salida de la rimaya, ha vuelto a aflorar en el presente año 2023 después de 31 años sin ser vista.** La B30 instalada a 3.032 m era la baliza situada a menor cota, pero en 2022 desapareció junto con la B29. La baliza B28 se instaló un poco hacia el este del eje del glaciar ya que existe una zona central con espesores menores de 10 m y que se ha tratado de evitar, pero no ha sido vista ni este año ni el pasado 2022, por lo que la damos por desaparecida. Por lo tanto, en 2023 sólo quedan la B1 y B27, esta última con apenas 1,20 m incrustados en el hielo, por lo que seguramente desaparezca durante el próximo año hidrológico. Para la próxima temporada habrá que estudiar si vale la pena seguir instalando más balizas, ya que el espesor que queda es menor de 10 m en la mayor parte del glaciar y, si se sigue la tendencia de estos tres últimos años (sobre todo 2022), no creemos que duren más de tres años.

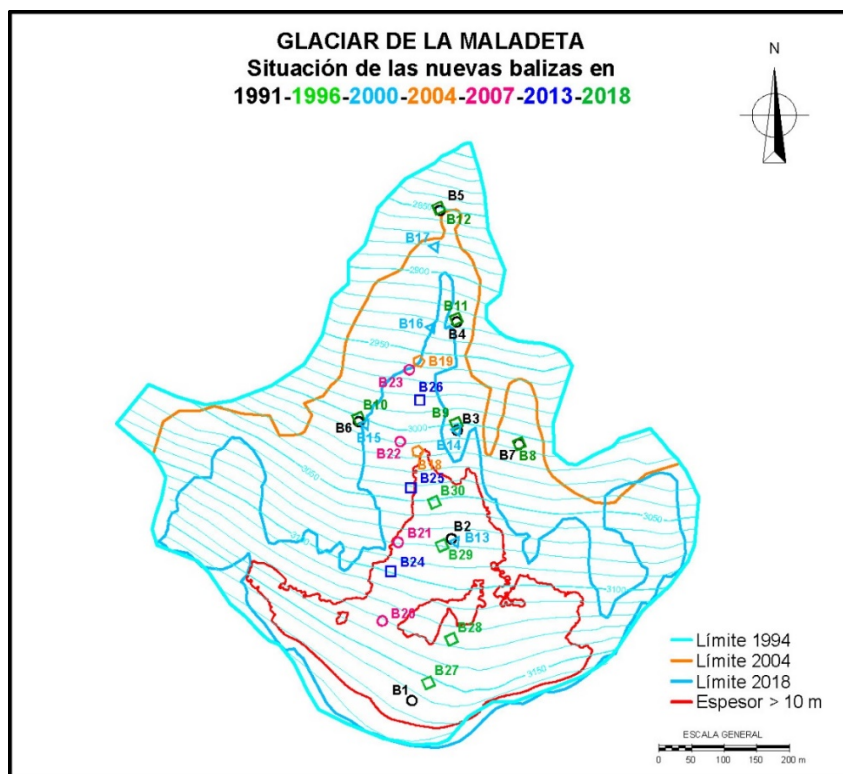


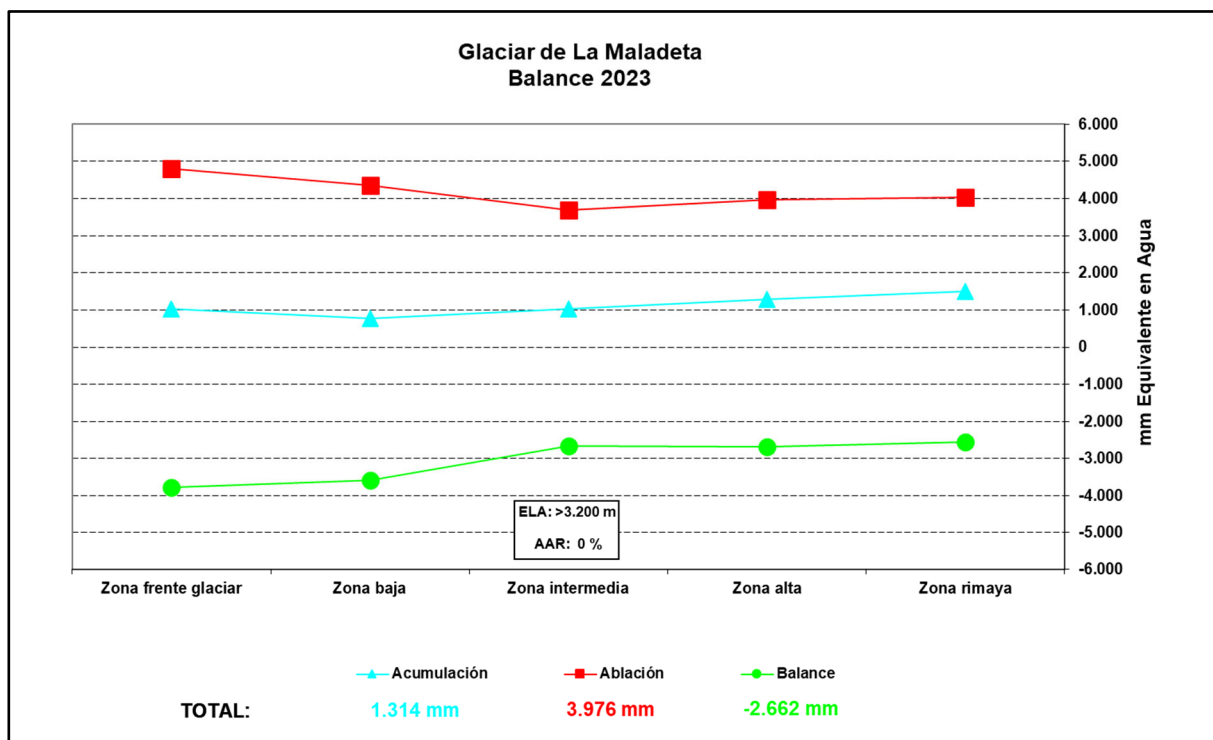
Figura 3: Situación de las nuevas Balizas de Ablación

TRABAJOS REALIZADOS

BALANCE DE MASA 2022-2023

El 32º año de observación (2022-2023), presenta un balance total de **-2.662 mm EQA**, el **2º más desfavorable** de toda la serie (1991-92 – 2022-23), justo después del pasado 2021-23 que fue el peor con diferencia. La línea de equilibrio (**ELA**) fija su posición **por encima de 3.200 m** que se corresponde con la cota máxima del glaciar, con un ratio de superficie de acumulación **AAR** (relación entre superficie de la zona de acumulación –o balance positivo- y la superficie total del glaciar) del **0%**. Cabe destacar el hecho de que desde el año hidrológico 2002-2003 la línea de equilibrio ha estado situada por encima de la cota superior del glaciar, salvo en los años hidrológicos 2007-2008 que se situó a 3.100 m, 2009-2010 a 3.000 m, 2012-2013 a 3.060 m, 2013-2014 a 3.090 m, 2017-2018 a 3.092 m y 2019-2020 a 3.117 m. La parte alta del glaciar está a unos 3.200 m.

En siguiente gráfico se representan las correspondientes curvas de acumulación, ablación y balance por cotas:



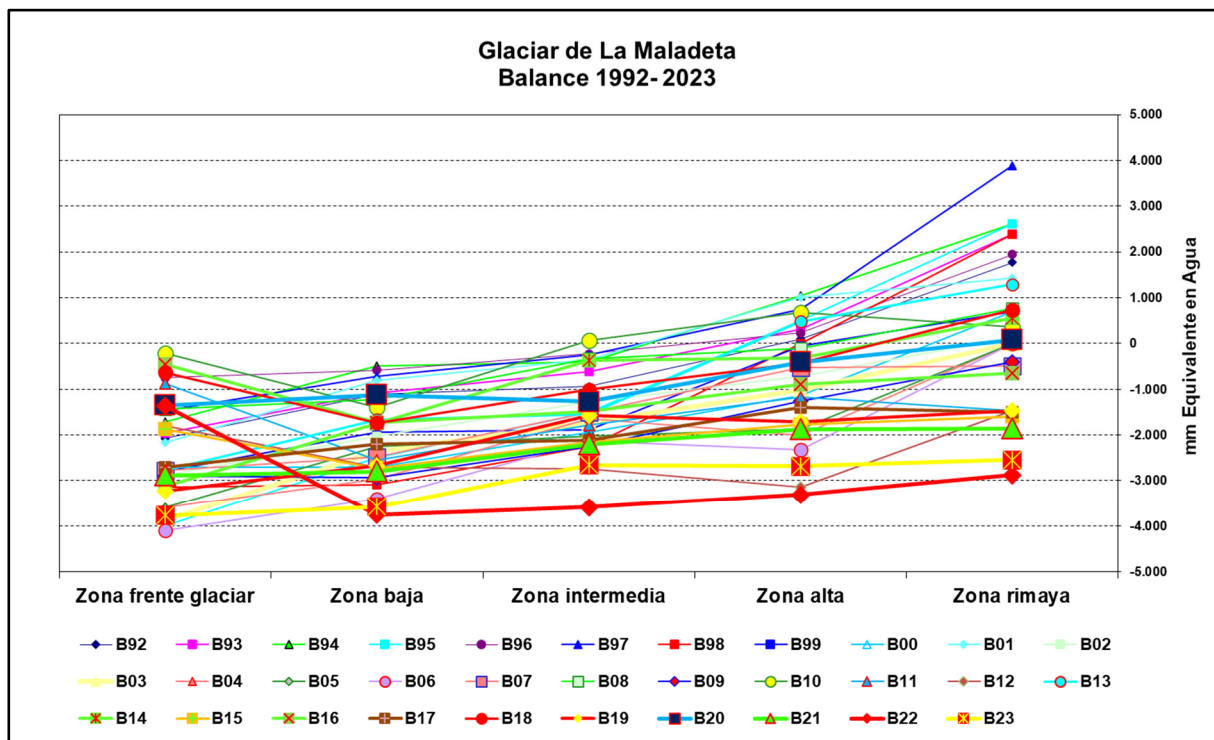
BALANCE DE MASA. GLACIAR DE LA MALADETA									
				Altitud					
AÑO		TOTAL mm	ELA msnm	AAR %	Zona rimaya	Zona alta glaciar	Zona intermedia glaciar	Zona baja glaciar	Zona frente glaciar
1992	AC 92	1682			2160	2550	1147	1210	960
	AB 92	2009	3090	25,5	386	2447	2081	2314	3034
	B 92	-327			1774	103	-935	-1104	-2074
1993	AC 93	2132			3471	1775	1793	1565	2024
	AB 93	2164	3066	34,5	1087	1456	2405	2653	3982
	B 93	- 32			2384	319	- 612	-1088	-1958
1994	AC 94	1975			2650	1950	1856	1579	1668
	AB 94	1624	3028	48,8	30	910	2259	2060	3385
	B 94	351			2620	1040	- 403	- 481	-1717
1995	AC 95	1976			3068	1915	1953	1059	1551
	AB 95	2619	3075	31,1	448	1415	3453	3559	5551
	B 95	- 643			2620	500	-1500	-2500	-4000
1996	AC 96	2585			3907	1978	2659	1471	3183
	AB 96	2378	3049	40,8	1962	1750	2880	2056	3933
	B 96	207			1945	228	- 221	- 585	- 750
1997	AC 97	1865			3280	1700	1832	1135	1046
	AB 97	1354	3025	49,9	- 613	948	2086	1850	2516
	B 97	512			3893	752	- 253	- 715	-1470
1998	AC 98	1967			4316	1650	1597	1130	1144
	AB 98	2922	3100	21,7	2387	1650	3854	4217	4276
	B 98	- 955			1929	0	-2258	-3 087	-3132
1999	AC 99	1197			2472	918	1144	684	288
	AB 99	1961	3104	20,2	1780	968	3034	2619	3078
	B 99	- 764			692	-50	-1890	-1935	-2790
2000	AC 00	1706			2682	1119	1732	1800	288
	AB 00	2606	3138	9,0	1990	2257	3661	4509	3078
	B 00	- 900			692	- 1138	- 1929	- 2709	- 2790
2001	AC 01	2448			3007	2250	2623	1624	1440
	AB 01	1945	3025	69,0	1578	1233	2972	2434	4149
	B 01	503			1429	1017	- 349	- 810	- 2709
2002	AC 02	1776			2610	1098	2089	1717	1628
	AB 02	2587	3142	10,0	2470	1812	3357	3742	3788
	B 02	- 811			140	- 714	- 1268	- 2025	- 2160
2003	AC 03	3103			3349	3819	2256	1668	1330
	AB 03	4205	> 3200	0,0	3358	4287	3984	4031	5200
	B 03	- 1102			- 9	- 1008	- 1728	- 2363	- 3870
2004	AC04	2446			3338	1971	2508	2041	1890
	AB 04	3962	> 3200	0,0	3338	3969	4146	5011	5490
	B 04	- 1516			0	-1998	-1638	-2970	-3600
	AC05	1759			2651	1720	1074	1383	954

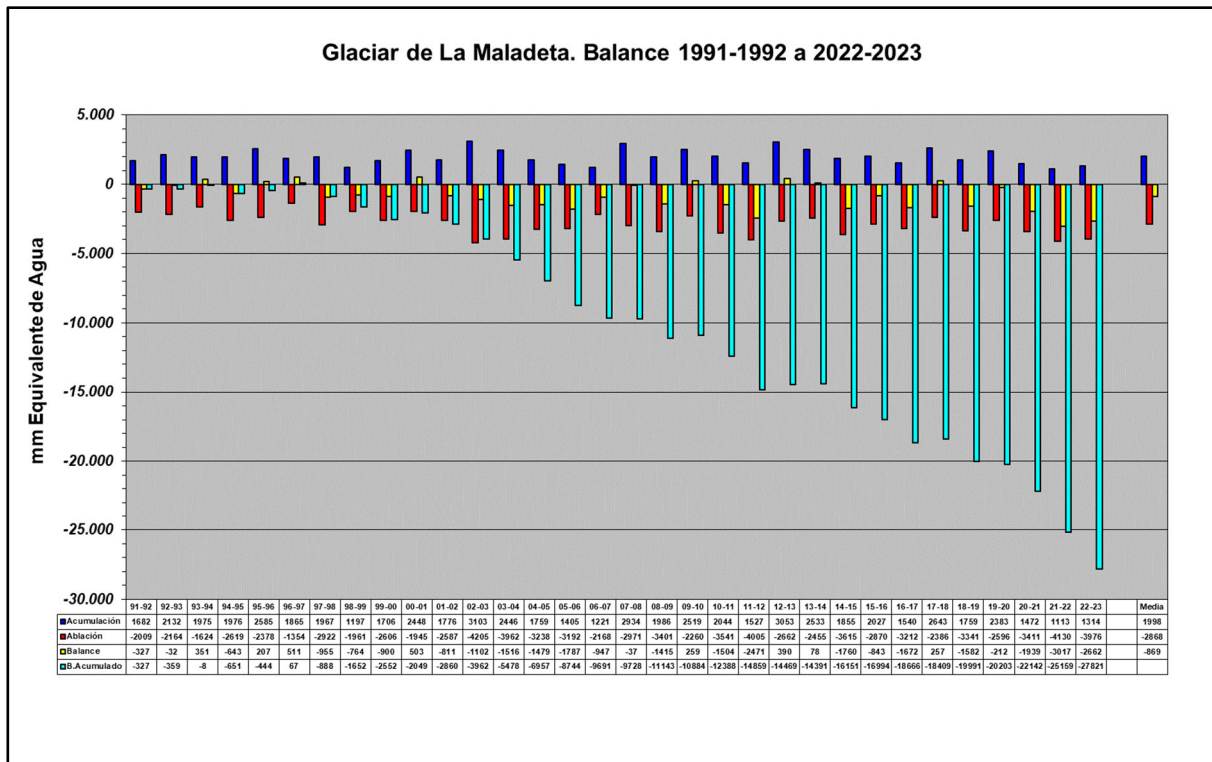
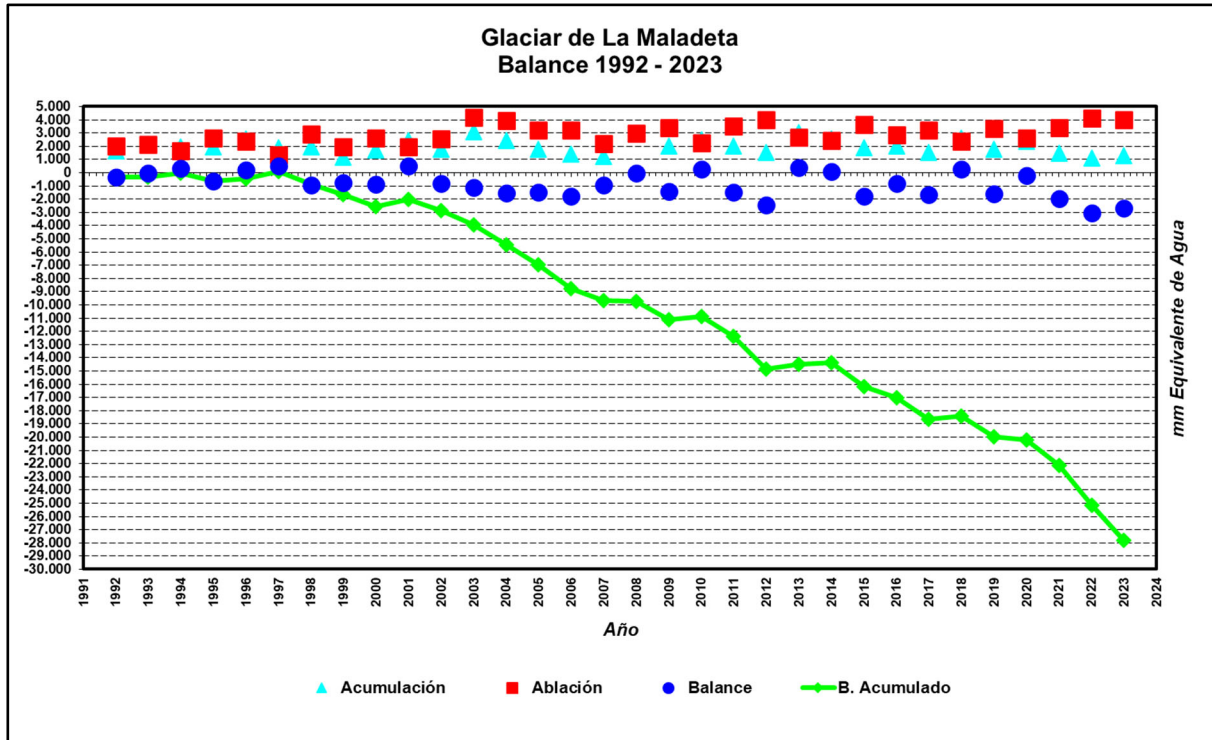
BALANCE DE MASA. GLACIAR DE LA MALADETA									
				Altitud					
AÑO		TOTAL mm	ELA msnm	AAR %	Zona rimaya	Zona alta glaciar	Zona intermedia glaciar	Zona baja glaciar	Zona frente glaciar
2005	AB 05	3238	3150	0,0	2651	3583	3095	3642	4554
	B 05	- 1479			0	-1863	-2021	-2259	-3600
2006	AC06	1405	> 3200	0,0	1553	1446	1319	1131	855
	AB 06	3192			1553	3765	3456	4528	4959
	B 06	- 1787			0	-2320	-2138	-3398	-4104
2007	AC07	1221	> 3200	0,0	1881	807	1248	711	518
	AB 07	2168			2364	1326	2746	3180	3290
	B 07	- 947			-483	-519	-1498	-2469	-2772
2008	AC08	2934	3100	34	4633	2288	2438	1888	1961
	AB 08	2971			3875	2395	2776	3116	3397
	B 08	- 37			758	-107	-338	-1228	-1436
2009	AC09	1986	> 3200	0,0	2639	1587	1994	1656	1367
	AB 09	3401			3047	2838	4245	4579	4265
	B 09	-1415			-407	-1251	-2251	-2923	-2898
2010	AC10	2519	3000	80	3116	2179	2457	2246	1929
	AB 10	2260			2756	1500	2392	3640	2132
	B 10	259			360	679	65	-1394	-203
2011	AC 11	2044	>3200	0	2015	1919	2298	1807	1941
	AB 11	3541			3479	3087	4076	4347	2778
	B 11	-1504			-1464	-1168	-1779	-2540	-873
2012	AC 12	1527	>3200	0	1556	1493	1683	1196	1043
	AB 12	4005			3020	4634	4415	3896	2843
	B 12	-2471			-1464	-3141	-2732	-2700	-1800
2013	AC 13	3053	3060	58	3431	1833	2386	2059	2450
	AB 13	2662			2134	1350	3937	3722	5222
	B 13	390			1297	484	-1551	-1663	-2772
2014	AC 14	2533	3090	46	2796	1754	2050	1552	2485
	AB 14	2455			2242	2063	2409	3296	5603
	B 14	78			554	-309	-359	1743	-3119
2015	AC 15	1855	>3200	0	1907	1882	1845	1815	1780
	AB 15	3615			3502	3646	3996	4541	3649
	B 15	-1760			-1595	-1764	-2151	-2726	-1869
2016	AC 16	2027	>3200	0	2103	1844	1782	1770	2373
	AB 16	2870			2741	2727	3266	3499	2823
	B 16	-843			-638	-882	-1484	-1729	-450
2017	AC 17	1540	>3200	0	1561	1536	1499	1469	1434
	AB 17	3212			3055	2940	3605	3674	4134
	B 17	-1672			-1494	-1404	-2106	-2205	-2700
2018	AC 18	2643	3092	46	2670	2633	2577	2532	2479
	AB 18	2386			1931	3063	3581	4260	3109
	B 18	257			739	-431	-1004	-1729	-630
2019	AC 19	1759	>3200	0	1785	1199	1516	1408	1903
	AB 19	3341			3343	2905	3094	4082	5125
	B 19	-1582			-1474	-1706	-1577	-2674	-3222

BALANCE DE MASA. GLACIAR DE LA MALADETA									
				Altitud					
AÑO		TOTAL mm	ELA msnm	AAR %	Zona rimaya	Zona alta glaciar	Zona intermedia glaciar	Zona baja glaciar	Zona frente glaciar
2020	AC 20	2383	3.117	31	2447	2233	2120	2391	2357
	AB 20	2596			2367	2644	3388	3510	3707
	B 20	-212			80	-410	-1268	-1120	-1350
2021	AC 21	1472	>3.200	0	1503	1404	1409	1267	1301
	AB 21	3411			3359	3275	3609	4062	4181
	B 21	-1939			-1857	-1871	-2199	-2795	-2880
2022	AC 22	1113	>3.200	0	1273	1121	349	384	1025
	AB 22	4130			4151	4434	3939	4140	2393
	B22	-3017			-2878	-3313	-3590	-3756	-1368
2023	AC 23	1314	>3.200	0	1499	1290	1032	768	1035
	AB 23	3976			4043	3972	3691	4347	4809
	B23	-2662			-2543	-2681	-2660	-3579	-3774

Tabla I: Balance de Masa del glaciar de La Maladeta. 1992 a 2023

Con la ayuda de la Tabla I y los siguientes gráficos podemos comparar los datos de los 32 ciclos estudiados hasta el momento.





CAMPAÑAS DE CAMPO

La **acumulación** se ha determinado a partir de los datos de espesores nivales obtenidos a diferentes cotas el **17 de junio de 2023**. Dichos espesores fueron:

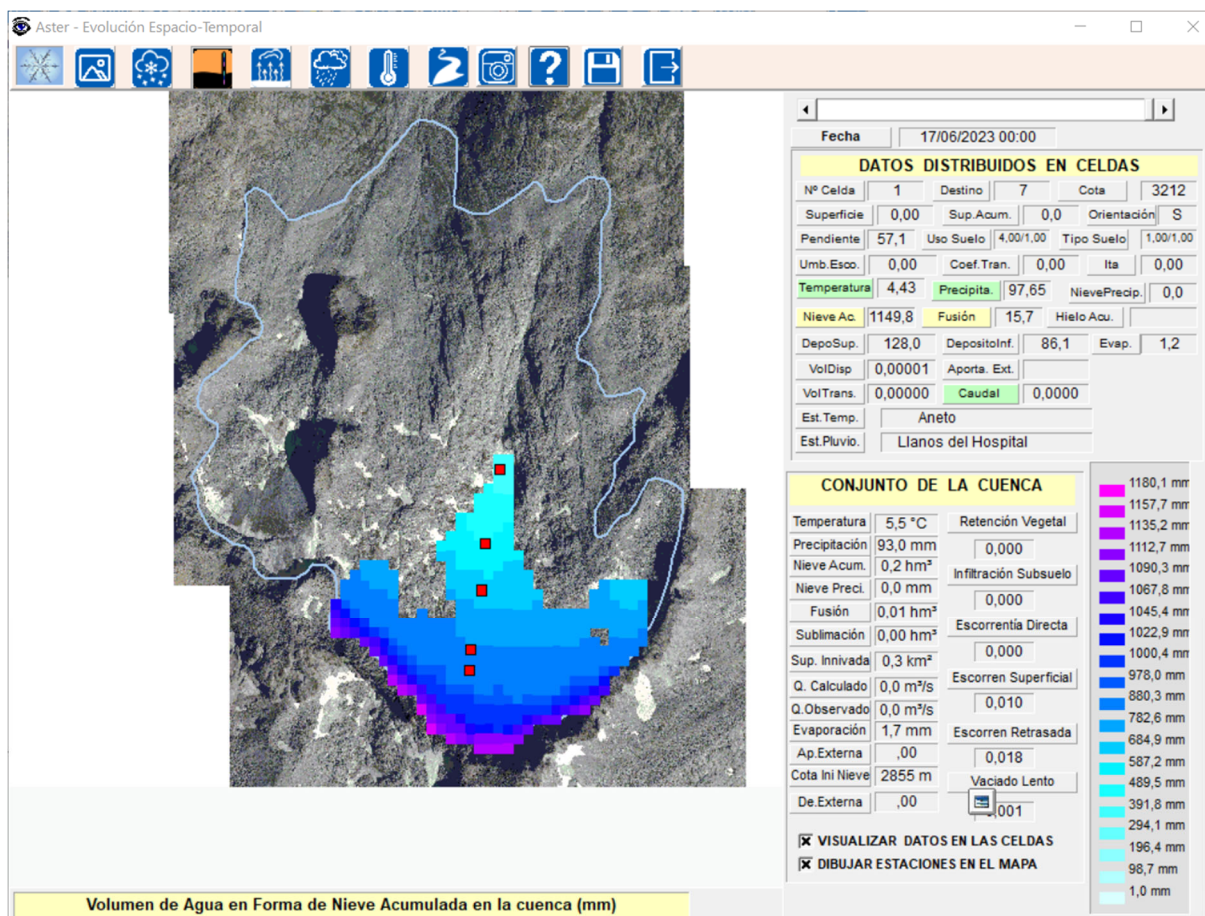
Cota m	Espesor cm
3.180	350
3.145	320
3.115	310
3.100	265
3.085	250
3.065	220
3.050	210
3.030	160
3.015	100
3.000	85
2.980	210
2.960	250
2.950	260
2.920	270
2.900	280
2.850	220
2.830	160
2.700	0

Con estos espesores y tomando unas densidades medias de los últimos años en los que sí se realizaron sondeos, se obtienen los siguientes valores de acumulación:

Sondeo	Cota m	H nieve cm	d g/cm ³	eq mm
1	3.150	335	0,56	1.876
2	3.100	275	0,57	1.568
7-3-6	3.050	197	0,58	1.141
4	3.000	132	0,59	777
5	2.950	240	0,60	1.440

A partir de estos valores y ajustándolos a las superficies del glaciar a diferentes cotas, se obtiene una acumulación total de **1.595 mm de agua equivalente**.

Con el fin de ajustar el cálculo de la acumulación glaciar se ha procedido también a su cálculo a partir de los datos hidrológicos disponibles mediante el modelo hidrológico-nival Aster. Los resultados completos de la simulación aparecen en el Anejo 2.



Los resultados obtenidos para el 17 de junio de 2023 son los siguientes:

Cotas		Aster Maladeta		
Aster	Glaciar	Diferencia	eq mm Aster	eq mm glaciar
3.212	3.150	-62	1.152,66	1.106,16
3.150	3.100	-50	1.014,73	977,23
3.050	3.050	0	855,95	855,95
2.950	3.000	50	636,32	673,82
2.878	2.950	72	468,06	522,06

Que ajustando a las superficies del glaciar por cotas nos da un valor de **999 mm**.

Se ha decidido tomar el valor medio entre el resultado obtenido a partir de la medición de espesores y el obtenido a partir del modelo Aster. Estos valores son:

**Promedio medición-Aster
Maladeta**

Cota (m)	eq (mm)
3.150	1.499,30
3.100	1.290,18
3.050	1.031,63
3.000	768,48
2.950	1.034,75

El resultado final de la acumulación para el año hidrológico 2022-2023 sería **1.314 mm** de agua equivalente.

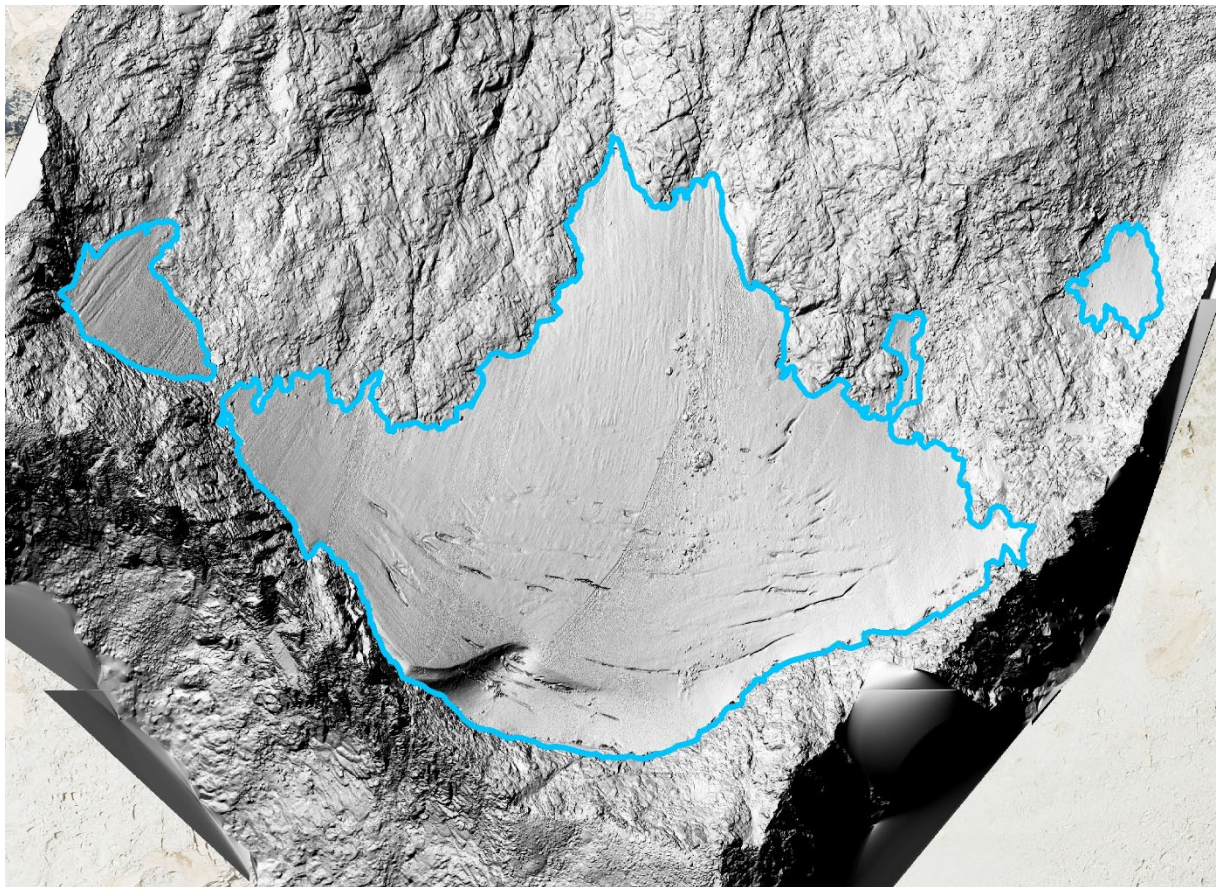
En la siguiente tabla aparecen los valores obtenidos por cota y superficie (a partir de los datos de superficies obtenidas en la última campaña 2021-2022):

COTA MED.	SUP m ²	SUP.ACU. m ²	ACUMULACIÓN	
			PUNTUAL mm	SUP. mm
2725	0	0	0	0
2750	0	0	0	0
2775	0	0	0	0
2800	0	0	0	0
2825	0	0	0	0
2850	0	0	0	0
2875	0	0	0	0
2900	0	0	0	0
2925	0	0	0	0
2950	60	60	1 035	62
2975	787	847	902	710
3000	3 606	4 453	768	2 771
3025	7 431	11 884	900	6 688
3050	13 913	25 797	1 032	14 353
3075	19 335	45 132	1 161	22 446
3100	27 752	72 884	1 290	35 805
3125	29 126	102 010	1 395	40 623
3150	26 403	128 413	1 499	39 586
3175	13 851	142 264	1 604	22 215
3200	4 431	146 695	1 708	7 570
SUMA	146 695		SUMA	192 829
MEDIA	73348		Media	1 314

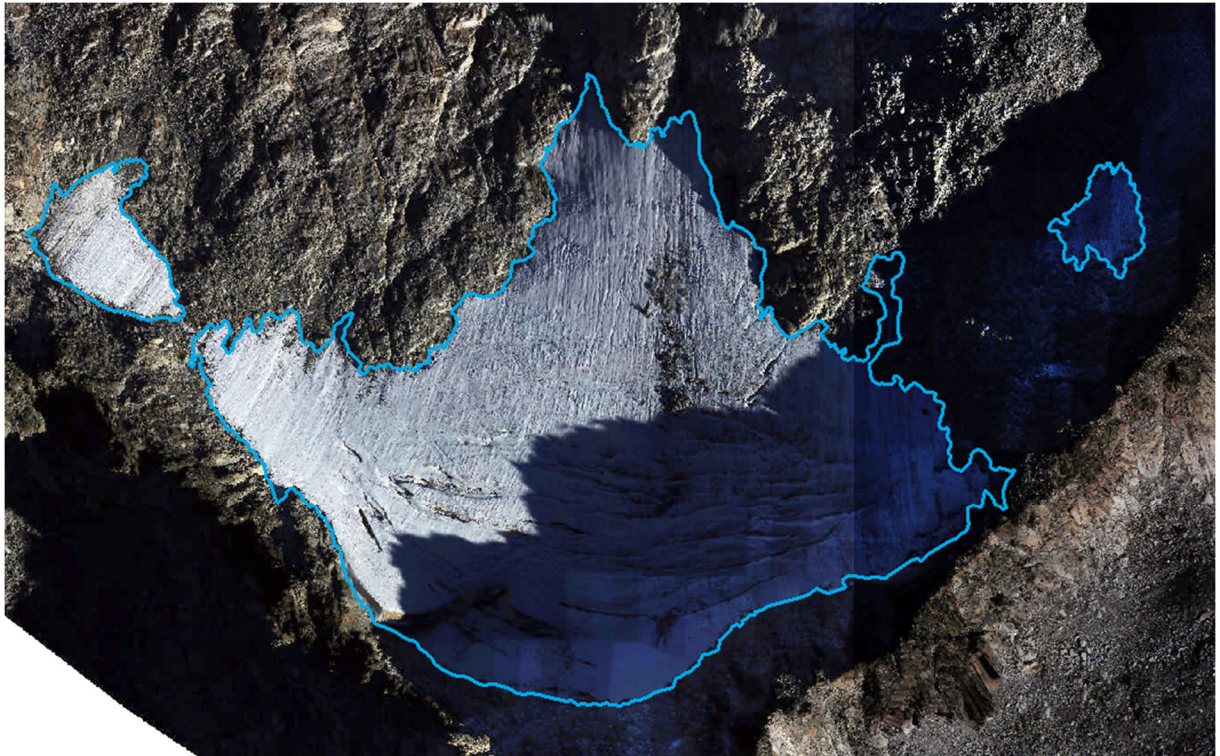
La toma de datos de **ablación** se llevó a cabo el **26 de septiembre de 2023**. El paso de un frente frío justo unos días antes de la medición hizo que hubiera unos 10 cm de nieve nueva sobre el hielo glaciar lo que permitió que el personal se desplazara por el glaciar fácilmente y sin peligro de caídas.

Durante los últimos años el espesor ha crecido en cotas altas y ha disminuido de forma considerable en cotas bajas, por lo que la pendiente del glaciar ha aumentado considerablemente. Debido a ello se aconseja que en próximas campañas de ablación el equipo que vaya por el glaciar esté compuesto por parejas con cuerdas de seguridad ya que cada vez es más difícil andar por el glaciar, sobre todo en margen izquierda. Así mismo, la pareja que vaya por margen izquierda deberá llevar casco debido a la casi continua caída de piedras de la pared superior del glaciar. También es recomendable esperar a que caiga la primera nevada y así sea más fácil andar por el glaciar ya que hacerlo por el hielo fósil extremadamente duro es muy difícil a pesar del uso de crampones.

En la presente campaña de ablación y, pensando en el peligro que conlleva el tener personal andando por el glaciar, se ha realizado mediante dron con cámara lidar y fotogramétrica la medida de la superficie glaciar, obteniendo datos precisos de toda su superficie. Se ha obtenido así un MDT de 0,25x0,25 m que permitirá en próximas campañas una mejor comparación entre las cotas de cada una. También ha permitido obtener con mayor precisión el límite actual del glaciar.



MDT obtenido a partir de un vuelo con dron y cámara lidar



Ortoimagen obtenida a partir de un segundo vuelo con dron y cámara fotogramétrica

ANÁLISIS DE DATOS

Año 2022-2023: en lo que se refiere a la acumulación calculada (**1.314 mm**), nos encontramos con el **cuarto peor valor** de la serie estudiada (32 años hidrológicos) y muy por debajo de la media (1.998 mm). Este invierno se ha caracterizado por ser seguramente el menos nivoso de los últimos años y, aunque en mayo-junio hubo nevadas a cotas superiores a 2.600 m, no compensó el déficit nival en altura. Según el modelo hidrológico Aster, la máxima acumulación se produjo el 13 de junio con 1.034 mm de agua equivalente, cuando normalmente la máxima acumulación es en abril o mayo.

La **ablación total (3.976 mm)** resulta la cuarta peor de la serie de estudio estando por encima de la media (2.868 mm). Este verano se ha caracterizado por temperaturas más altas de lo normal y apenas nevadas, una a finales de agosto y otra justo antes de la presente campaña de medición. Sin embargo, sí ha sido bastante lluvioso, con abundantes tormentas, llegando en agosto a los 105 mm en la estación de Llanos del Hospital (CYNP <http://www.climaynievepirineos.com/estaciones/llanosdelhospital/NOAAYR.TXT>).

El **balance (-2.662 mm)** resulta el **segundo peor dato** de toda la serie (después del nefasto año anterior) y muy por debajo de la media (-869 mm). El balance acumulado supera ya los -25.000 mm (-27.821 mm en concreto), lo que representa una pérdida media en todo el glaciar de 32 m de espesor en estos 32 años. En el presente año hidrológico 2022-2023 el espesor medio del glaciar de La Maladeta ha disminuido en 306 cm frente a los 347 cm del año 2022 (el peor de toda la serie estudiada). La pérdida o ganancia de espesor desde 2022 en las balizas ha sido de:

B27 (3.138 m): -2,48 m

B1 (3.115 m): -4,02 m

B28 (3.114 m): -2,91 m

B29 (3.057 m): -3,09 m

B30 (3.023 m): -3,68 m

A lo largo de los años de estudio hemos podido constatar la mayor importancia de la ablación frente a la acumulación como factor determinante del balance de masa. Si nos fijamos detenidamente en el gráfico del balance, observamos que en algunos casos (96-97 y 97-98) partiendo de acumulaciones muy similares llegamos a ablaciones (y por lo tanto balances) muy dispares. Estos hallazgos nos llevaron a analizar con detalle los datos meteorológicos (cuando existían), encontrando que la ablación no tenía una relación con la termometría tan clara como “a Priori” pudiera parecer, es decir, con temperaturas medias mensuales muy similares encontrábamos ablaciones muy diferentes. Ello nos llevó a pensar en el factor precipitación como determinante de la ablación. En efecto, este análisis demostró que, con independencia de las temperaturas, se daban mayores ablaciones cuando el verano resultaba seco y, más aún, a igualdad de cantidad de precipitación, se encontraban diferencias notables dependiendo del mayor o menor número de días exentos de precipitación.

Los episodios esporádicos de pequeñas nevadas resultan normales en las áreas glaciares a lo largo del periodo estival y, aunque su importancia desde el punto de vista de la ganancia de masa es mínima, la nieve nueva, por su elevada capacidad de reflexión y su baja conductividad térmica aísla el glaciar, retardando los procesos de ablación. Este fenómeno es aún más significativo cuando afecta directamente al hielo descubierto, dado su menor albedo.

No obstante, la brevedad de la serie estudiada, la baja disponibilidad de datos meteorológicos, así como la relativa aplicabilidad de los datos termométricos y pluviométricos

-se utilizan estaciones situadas unos 1.000 metros por debajo de la cota del glaciar-recomiendan interpretar estas primeras conclusiones como provisionales. Así mismo, sería de gran ayuda contar con datos termométricos más directos (instalación de termómetros de registro), así como la realización de campañas de control suplementarias (sobre todo en el periodo de ablación). En la misma línea, disponer de datos de balance de energía del glaciar supondría un gran apoyo a la investigación.

De cualquier modo, los datos de balance de masa disponibles indican una pérdida acumulada a lo largo de los últimos 32 años de 28.000 mm de agua, es decir unas pérdidas medias de hielo sobre el glaciar del orden de 32 metros (9 metros en los últimos tres años), lo que indica una clara regresión de este aparato. Las pérdidas acumuladas en la parte terminal del glaciar superan los 50 metros de espesor de hielo.

Hasta el último año hidrológico completo estudiado (2022-2023), el cuerpo principal del glaciar presenta una superficie de 13,57 ha, frente a las 25,32 ha que presentaba en 2013, es decir, una pérdida de más del 46% de su superficie en diez años. Así mismo supone una pérdida del 73% desde 1991, cuando el glaciar presentaba una superficie estimada en 50 ha.

		1994	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015	2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023
COTA INFERIOR	COTA SUPERIOR	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²
2787.5	2812.5	1709	328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2812.5	2837.5	4616	2673	1525	981	606	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2837.5	2862.5	7459	3808	3119	2007	1624	907	1303	1454	1092	1106	1190	1613	1605	1610	569	850	409	0	0	0	0	0
2862.5	2887.5	10274	7830	7443	5766	5467	4264	4078	4594	5043	3447	3576	3290	2371	2380	2847	2436	1238	581	617	0	0	0
2887.5	2912.5	12786	10673	9879	8797	8625	8391	7854	7842	6835	8061	7874	6663	5851	3555	3105	3226	2382	1804	914	56	0	0
2912.5	2937.5	15549	12029	10160	10681	9897	9275	8931	8671	8754	7752	7487	6423	6667	5884	4326	5117	3191	3019	2438	1659	0	0
2937.5	2962.5	21489	15414	14274	12454	12561	11190	9228	8338	9580	8341	8447	7557	7122	6688	5559	5885	4875	4702	4091	3638	60	0
2962.5	2987.5	21427	18262	16150	15453	15608	15283	12897	11432	12154	11365	11511	10378	10914	10584	9435	8225	6324	5635	5513	4341	787	300
2987.5	3012.5	25849	22327	20742	16788	17764	17689	17500	14134	16438	14025	14220	12389	12408	12483	9026	9329	8513	8040	8236	5931	3606	3986
3012.5	3037.5	40589	32883	37677	37134	31516	29473	31393	19578	20630	17611	17299	15377	13320	13788	13828	16016	15067	11874	11341	8774	7431	7846
3037.5	3062.5	46499	45073	42724	42724	46480	40199	43055	30270	37082	33878	34084	29974	29846	29320	26343	25204	23296	19171	19110	17443	13913	10225
3062.5	3087.5	48681	47070	44214	44214	41731	43793	44173	35226	36732	37487	36132	30037	30795	31911	30992	30897	28031	26781	27215	25770	19335	17953
3087.5	3112.5									38385	37218	36793	33113	34525	36444	35869	35138	34378	34334	34369	32842	27752	26950
3112.5	3137.5									37799	37089	37409	37068	35428	36023	34489	33996	33021	32758	33208	31555	29126	30807
3137.5	3162.5									40030	38265	39652	41114	36819	36144	33587	32603	31484	29196	27466	29523	26403	28204
3162.5	3187.5									18382	17840	18052	16913	19891	20684	20179	18956	18353	17741	18062	15500	13851	9248
3187.5	3212.5									2770	2770	3083	3041	5633	5636	5638	5218	5398	5370	5625	5115	4431	139
3087.5	3212.5	161478	159242	157924	157924	153320	147803	132823	134095	137366	133182	134989	131249	132296	131931	129762	125911	122634	119399	118730	114535	101563	95348
TOTAL		418405	377612	365831	354923	345199	328267	313035	275634	291706	276255	276809	254950	253195	250134	235792	233096	215960	201006	198205	182147	146695	135658
		42 ha	38 ha	37 ha	35 ha	35 ha	33 ha	31 ha	28 ha	29 ha	28 ha	28 ha	25 ha	25 ha	25 ha	24 ha	23 ha	22 ha	20 ha	20 ha	18 ha	15 ha	14 ha

DIFERENCIA 1994-2001	DIFERENCIA 2001-2002	DIFERENCIA 2002-2003	DIFERENCIA 2003-2004	DIFERENCIA 2004-2005	DIFERENCIA 2005-2006	DIFERENCIA 2006-2007	DIFERENCIA 2007-2008	DIFERENCIA 2008-2009	DIFERENCIA 2009-2010	DIFERENCIA 2010-2011
m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
-1381	-328	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1943	-1148	-544	-375	-606	0	0	0	0	0	0
-3651	-689	-1112	-383	-717	396	151	-362	14	84	423
-2444	-387	-1677	-299	-1203	-186	516	449	-1596	129	-286
-2113	-794	-1082	-172	-234	-537	-12	-1007	1226	-187	-1211
-3520	-1869	521	-784	-622	-344	-260	83	-1002	-265	-1064
-6075	-1140	-1820	107	-1371	-1962	-890	1242	-1239	106	-890
-3165	-2112	-697	155	-325	-2586	-1265	722	-789	146	-1133
-3522	-1585	-3954	976	-75	-189	-3366	2304	-2413	195	-1831
-7706	4794	-543	-5618	-2043	1920	-11815	1052	-3019	-312	-1922
-1426	-2349	0	3756	-6281	2856	-12785	6812	-3204	206	-4110
-1611	-2856	0	-2483	2062	380	-8947	1506	755	-1355	-6095
								-1167	-425	-3680
								-710	320	-341
								-1765	1387	1462
								-542	212	-1139
								0	313	-42
-2236	-1318	0	-4604	-5517	-14980	1272	3271	-4184	1807	-3740
-40793	-11781	-10908	-9724	-16932	-15232	-37401	16072	-15451	554	-21859
-4 ha	-1 ha	-1 ha	-1 ha	-2 ha	-2 ha	-4 ha	2 ha	-2 ha	0 ha	-2 ha

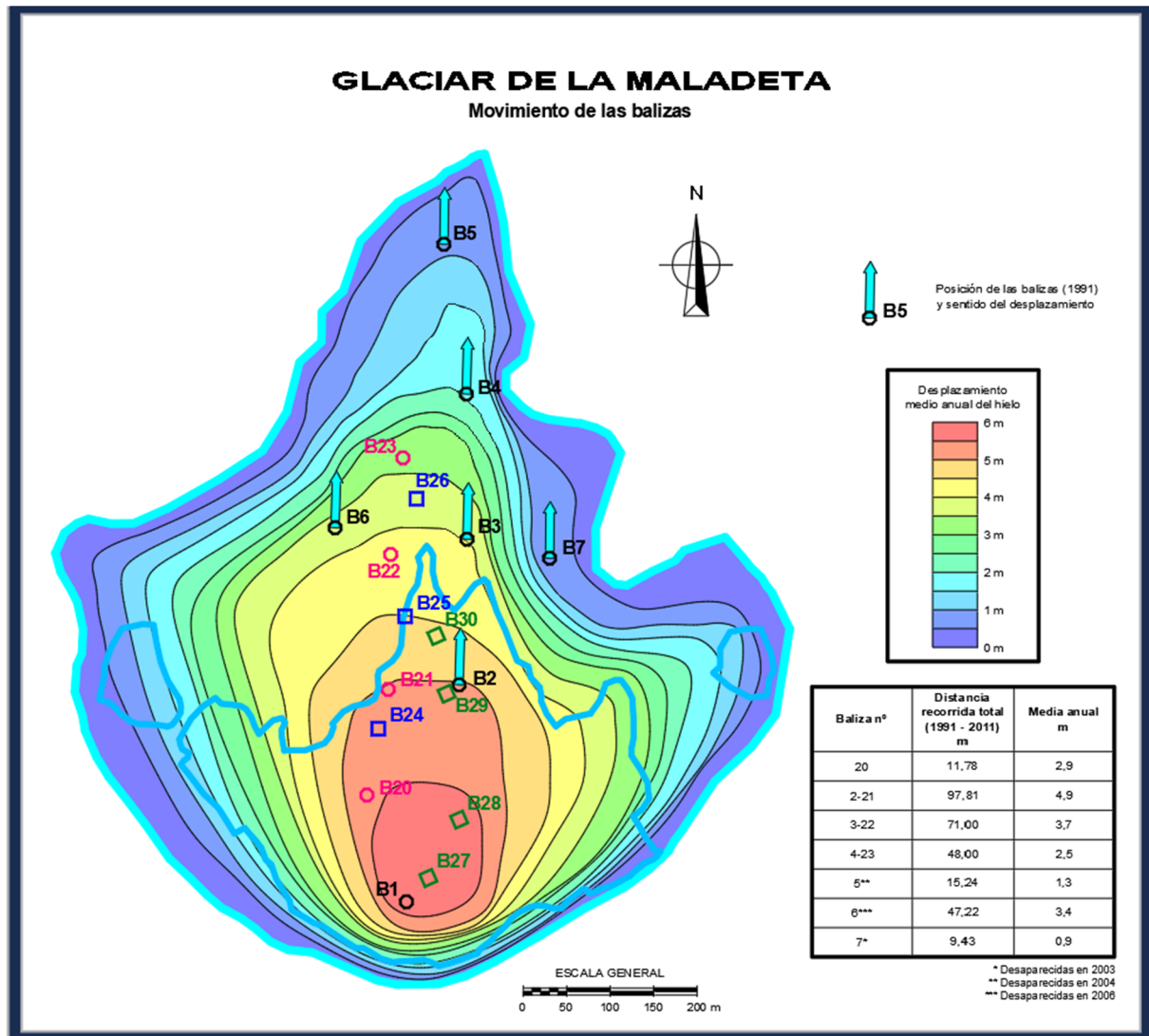
DIFERENCIA 2011-2013	DIFERENCIA 2013-2014	DIFERENCIA 2014-2015	DIFERENCIA 2015-2016	DIFERENCIA 2016-2018	DIFERENCIA 2018-2019	DIFERENCIA 2019-2020	DIFERENCIA 2020-2021	DIFERENCIA 2021-2022	DIFERENCIA 2022-2023	DIFERENCIA 1994-2023
m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1709
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4616
-8	5	-1041	281	-441	-409	0	0	0	0	-7459
-919	9	467	-411	-1198	-657	36	-617	0	0	-10274
-812	-2296	-450	121	-844	-578	-890	-858	-56	0	-12786
244	-783	-1558	791	-1926	-172	-581	-779	-1659	0	-15549
-435	-434	-1129	326	-1010	-173	-611	-453	-3578	-60	-21489
536	-330	-1149	-1210	-1901	-689	-122	-1172	-3554	-487	-21127
19	75	-3457	303	-816	-473	196	-2305	-2325	380	-21863
-2057	468	40	2188	-949	-3193	-533	-2567	-1343	415	-32743
-128	-526	-2977	-1139	-1908	-4125	-61	-1667	-3530	-3688	-36274
758	1116	-919	-95	-2866	-1250	434	-1445	-6435	-1382	-30728
1412	919	425	-731	-760	-44	35	-1527	-5090	-802	
-1640	-405	-534	-493	-975	-263	450	-1653	-2429	1681	
-4295	-1675	-1557	-984	-1119	-2288	-1730	2057	-3120	1801	
2978	793	-505	-1223	-603	-612	321	-2562	-1649	-4603	
2592	3	2	-420	180	-28	255	-510	-684	-4292	
1047	-365	-2169	-3851	-3277	-3235	-669	-4195	-12972	-6215	-66130
-1755	-3061	-14342	-2696	-17136	-14954	-2801	-16058	-35452	-11037	-282747
0 ha	0 ha	-1 ha	0 ha	-2 ha	-1 ha	0 ha	-2 ha	-4 ha	-1 ha	-28 ha

DETERMINACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL HIELO

El estudio topográfico de las balizas ha permitido determinar el movimiento superficial anual del hielo. Los trabajos coinciden con la campaña de ablación.

Según lo observado, los movimientos anuales registrados en las distintas balizas marcan las zonas con flujo extensivo (balizas 2, 3, 6 y 4) y compresivo (balizas 5 y 7), quedando así definidas las áreas de mayor o menor dinámica. Actualmente las balizas 5, 6 y 7 (y las que las sustituyeron) han desaparecido.

La zona más rápida del glaciar presentaba en los primeros años un movimiento medio anual de aproximadamente 5 m.



En los últimos años se venía observando la disminución del movimiento del glaciar y se comprobaba a simple vista al no haber tantas grietas como en los primeros años. Sin embargo, en los tres últimos años ha aparecido gran cantidad de grietas en la parte superior del glaciar, algunas de ellas de considerable anchura y profundidad (ver anejo fotográfico) y se comprueba a partir de los desplazamientos medidos en estas tres últimas campañas. Cabe destacar, como ya se indicó anteriormente, que por fin ha aparecido la Baliza 1 instalada en 1991 a 3.162 m en la rimaya. Su posición actual está a 3.115 m y a una distancia horizontal de 99 m, lo que nos da un desplazamiento anual medio de 3 m:

B1 (3.115 m): 99,02 m desde que se instaló en 1991, lo que da una media de 3,09 m anuales.

B27 (3.141 m): 1,86 m desde 2022, 11,58 m desde que se instaló en 2018, lo que da una media de 2,32 m anuales.

B28 (3.114 m): 2,84 m de 2020 a 2021, 9,18 m desde que se instaló en 2018, lo que da una media de 3,01 m anuales.

B29 (3.057 m): 2,85 m de 2020 a 2021, 8,22 m desde que se instaló en 2018, lo que da una media de 2,74 m anuales.

B30 (3.023 m): 2,19 m de 2020 a 2021, 7,37 m desde que se instaló en 2018, lo que da una media de 2,39 m anuales.

A partir de estos datos obtenemos un desplazamiento medio de 2,61 m desde que se instalaron en 2018.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

De los trabajos de seguimiento de la evolución del glaciar de La Maladeta Oriental se puede concluir que:

La **acumulación** medida en el año hidrológico 2022-2023 es de **1.314 mm** de agua equivalente, lo que se corresponde con el **4º peor año** de los 32 medidos. Ese dato se corresponde con espesores de nieve medidos sobre el hielo glaciar comprendidos entre 85 cm y 350 cm (campaña de medición realizada en junio de 2023).

En la campaña de **ablación** se ha obtenido una pérdida de **3.976 mm** de agua equivalente, que se corresponde con el **4º peor** año de los medidos.

El **balance** de masa, obtenido como diferencia entre los anteriores, supone una pérdida en el glaciar de **-2.662 mm** de agua equivalente, correspondiendo con el **2º peor año** de todos los medidos.

Si se analizan los **espesores de hielo**, este año el hielo glaciar se ha reducido 306 cm de espesor medio, superando los 530 cm en el frente del glaciar. El espesor medio perdido

desde el año 1992 es de 32 m. En el frente del glaciar, la pérdida de espesor alcanza los 57 m desde 1992.

La baliza instalada en el hielo glaciar B27 ha avanzado 1,86 m y ha perdido 2,48 m de espesor respecto a 2022. La baliza B1 instalada en 1991 y no vista hasta ahora por quedar completamente tapada por el hielo, ha avanzado 99,02 m desde que se instaló, lo que supone un avance medio de 3,09 m al año.

La **superficie** ha disminuido en 1,10 ha respecto a 2022, quedando una superficie glaciar de 13,57 ha frente a las 50 ha estimadas en 1991 (pérdida del 73 % de la superficie).

El frente del glaciar ha retrocedido 26 m respecto a 2022, lo que supone unos 530 m desde 1991.

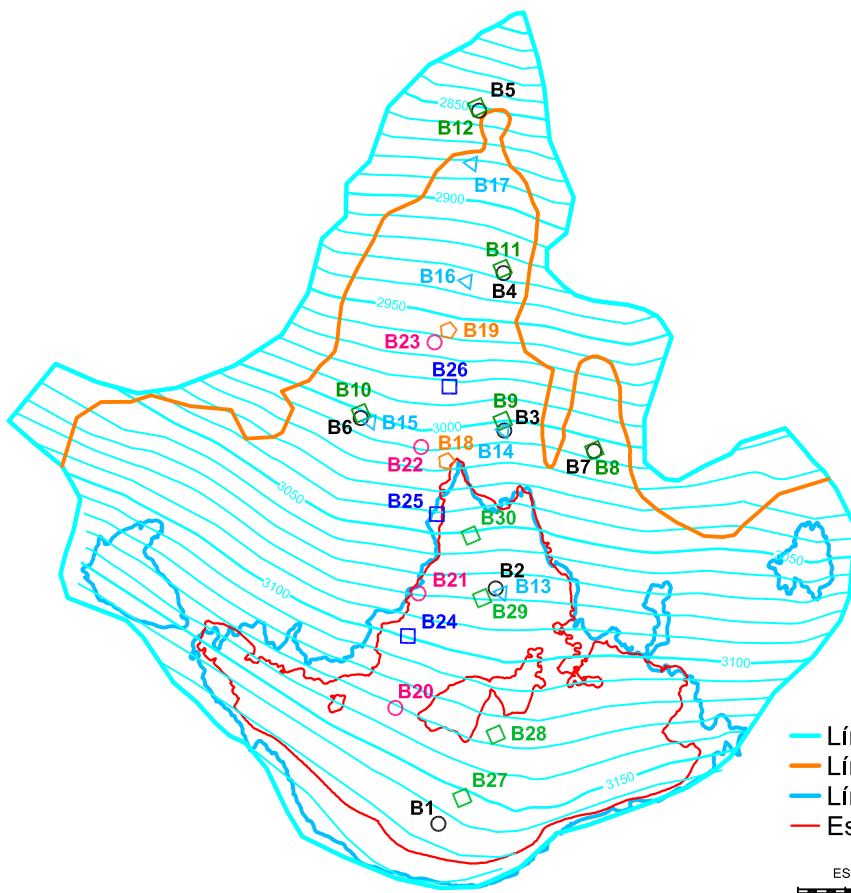
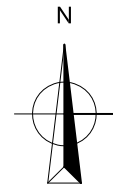
Y, por último, el **volumen de agua** perdido el presente año es de $-0,45 \text{ hm}^3$, lo que supone un total de $-10,30 \text{ hm}^3$ desde 1994. La media anual se sitúa en $-0,38 \text{ hm}^3$.

ANEJO 1. GRÁFICOS

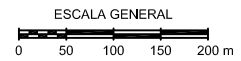
1.1.- GLACIAR DE LA MALADETA. RED DE BALIZAS DE OBSERVACIÓN

GLACIAR DE LA MALADETA

Situación de las nuevas balizas en 1991-1996-2000-2004-2007-2013-2018

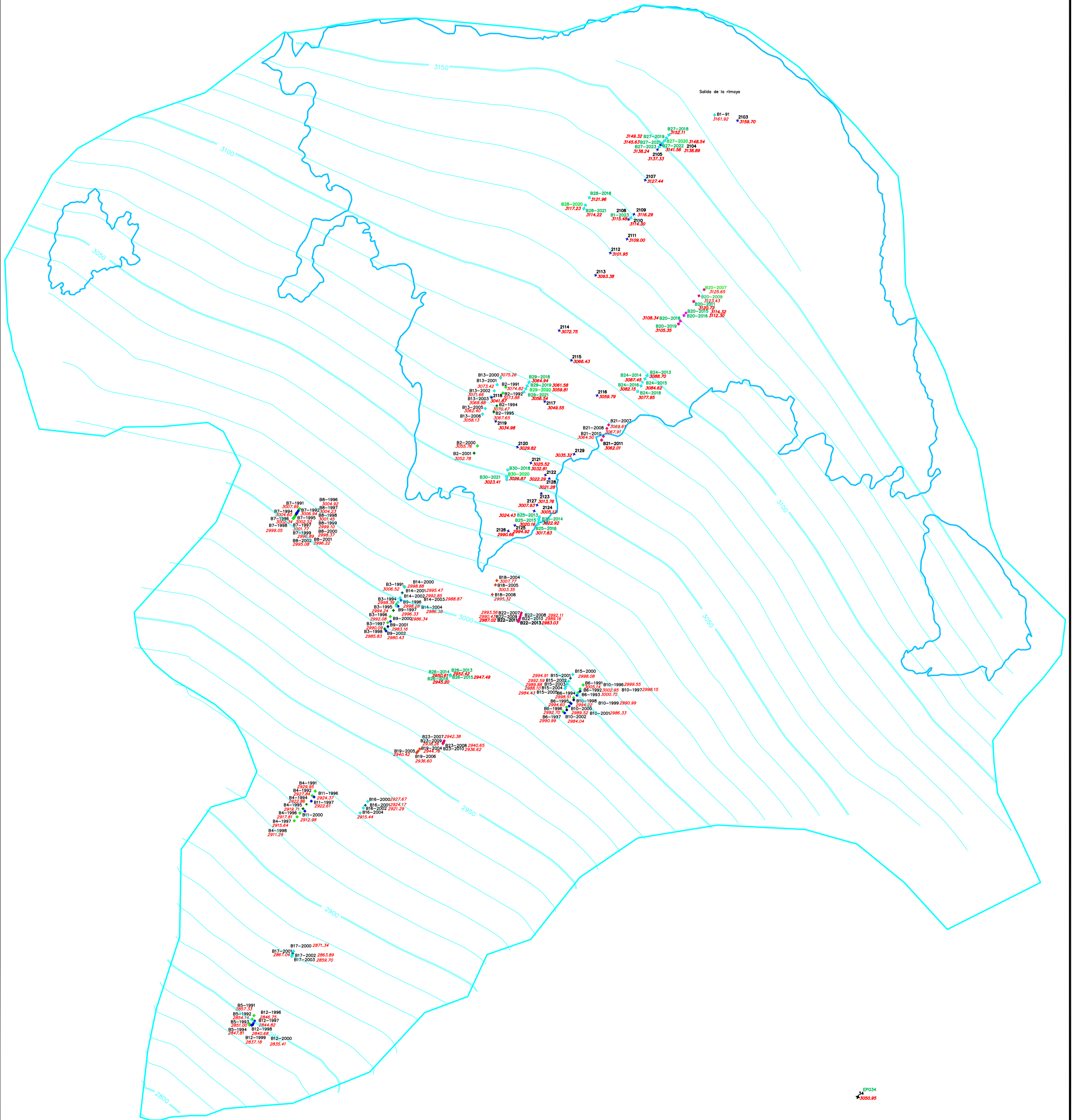


- Límite 1994
- Límite 2004
- Límite 2023
- Espesor 2017 > 10 m



MALADETA

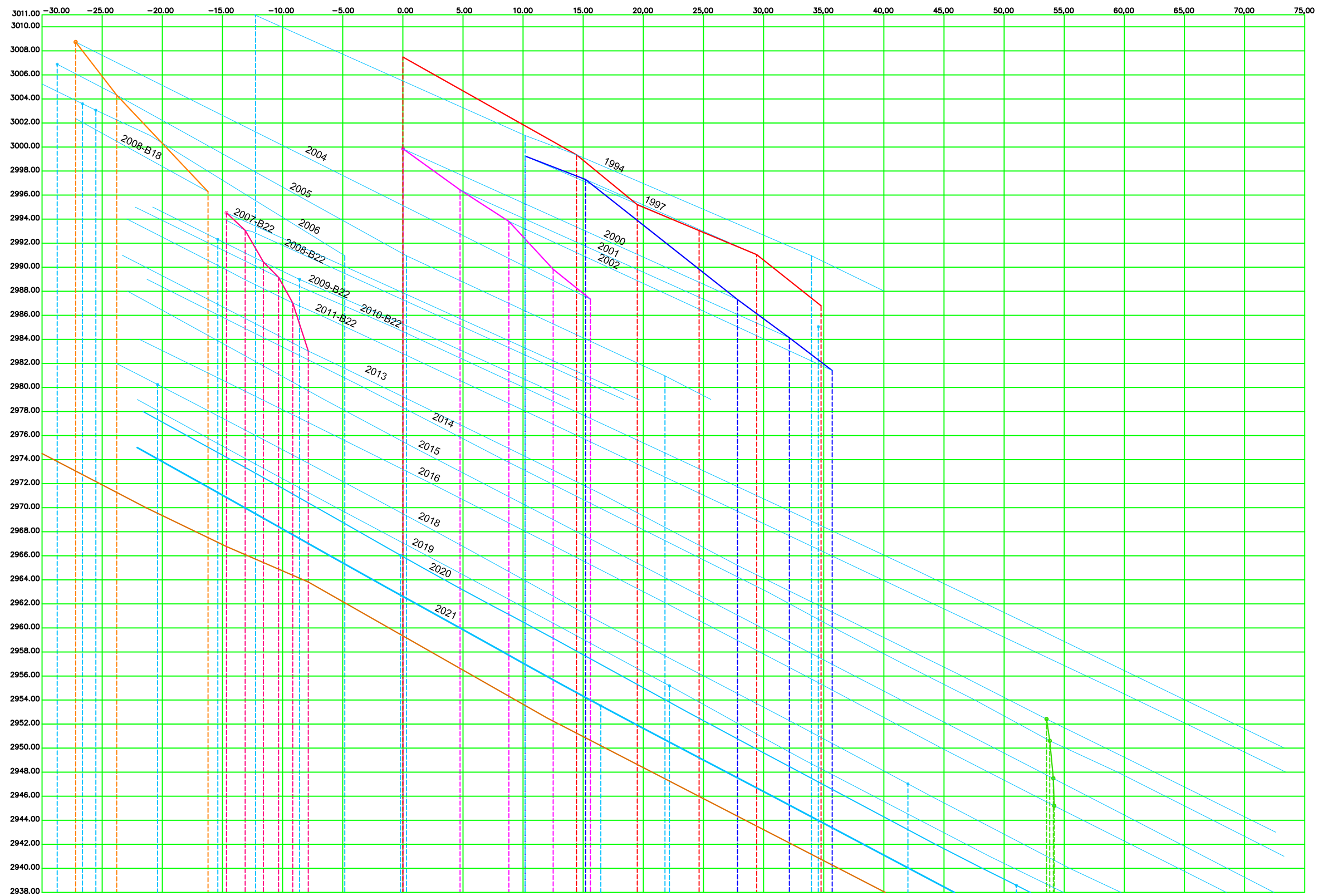
Situación de las balizas



**1.2.- GLACIAR DE LA MALADETA.
MOVIMIENTOS INDIVIDUALES DE LAS
BALIZAS**

MALADETA - BALIZAS 3, 9, 14, 18, 22 y 26

Esc. Horizontal = 1/ 350 Esc. Vertical = 1/ 350

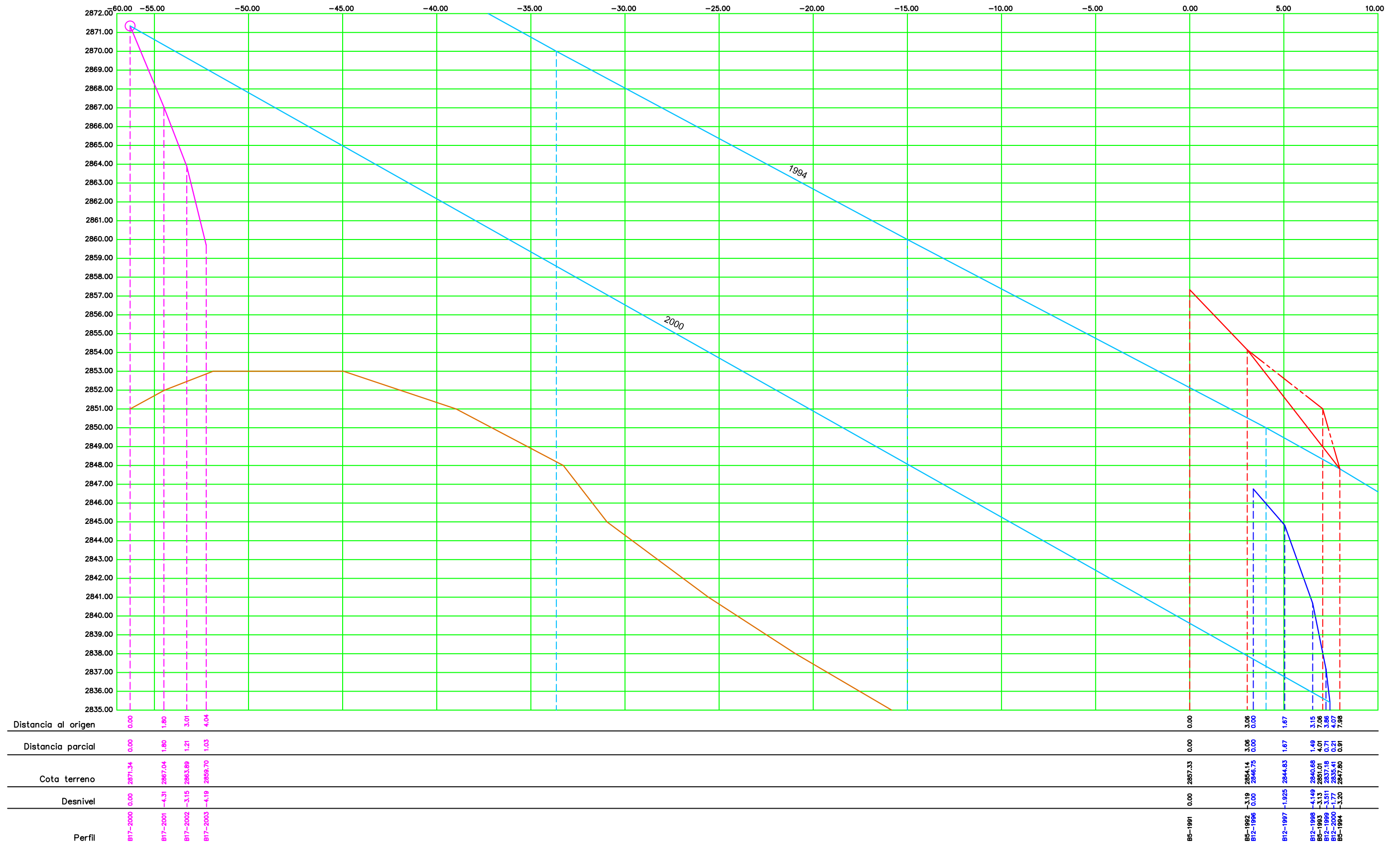


Distancia al origen	0.00	3.42	11.01	0.00	0.00	4.74	8.80	0.00	12.48	14.44	15.56	19.50	24.64	17.66	28.43	21.97	34.78	25.54	0.00	0.26	0.52	0.59																
Distancia parcial	0.00	3.42	7.59	0.00	0.00	4.74	8.80	0.00	3.68	14.44	3.10	5.05	5.14	12.64	4.79	4.31	5.35	3.57	0.00	0.26	0.52	0.07																
Cota terreno	3006.89	3008.73	2992.31	2994.52	2993.08	2990.43	2987.02	2983.03	2986.04	2987.30	2987.34	2985.19	2983.05	2987.30	2981.05	2984.13	2986.79	2981.59	2938.59	2952.42	2950.62	2947.49	2945.20															
Desnivel	0.00	-4.42	-6.03	-1.45	-2.65	-1.27	-3.98	-2.62	-3.98	-8.14	-2.49	-4.15	-2.16	-10.00	-2.00	-3.17	-1.26	-2.73	0.00	-1.81	-3.12	-2.29																
Perfil	P483-2005	B18-2004	P514-2006	B18-2005	P1542-2016	B18-2008	P706-2009	B22-2007	B22-2008	B22-2009	B22-2010	B22-2011	B22-2013	P1247-2020	B3-1991	B14-2000	B14-2001	B14-2002	B9-1996	B14-2003	B3-1994	B3-1997	B14-2004	P1996-2021	B3-1995	P1646-2019	B3-1996	B9-2000	B3-1997	B9-2001	B3-1998	B9-2002	P1549-2016	P1261-2020	B26-2013	B26-2014	B26-2015	B26-2016

- Perfil movimiento baliza 3
- Perfil movimiento baliza 9
- Perfil movimiento baliza 14
- Perfil movimiento baliza 18
- Perfil movimiento baliza 22
- Perfil movimiento baliza 26
- Perfiles reales glaciar
- Terreno natural

MALADETA - BALIZAS 5, 12 y 17

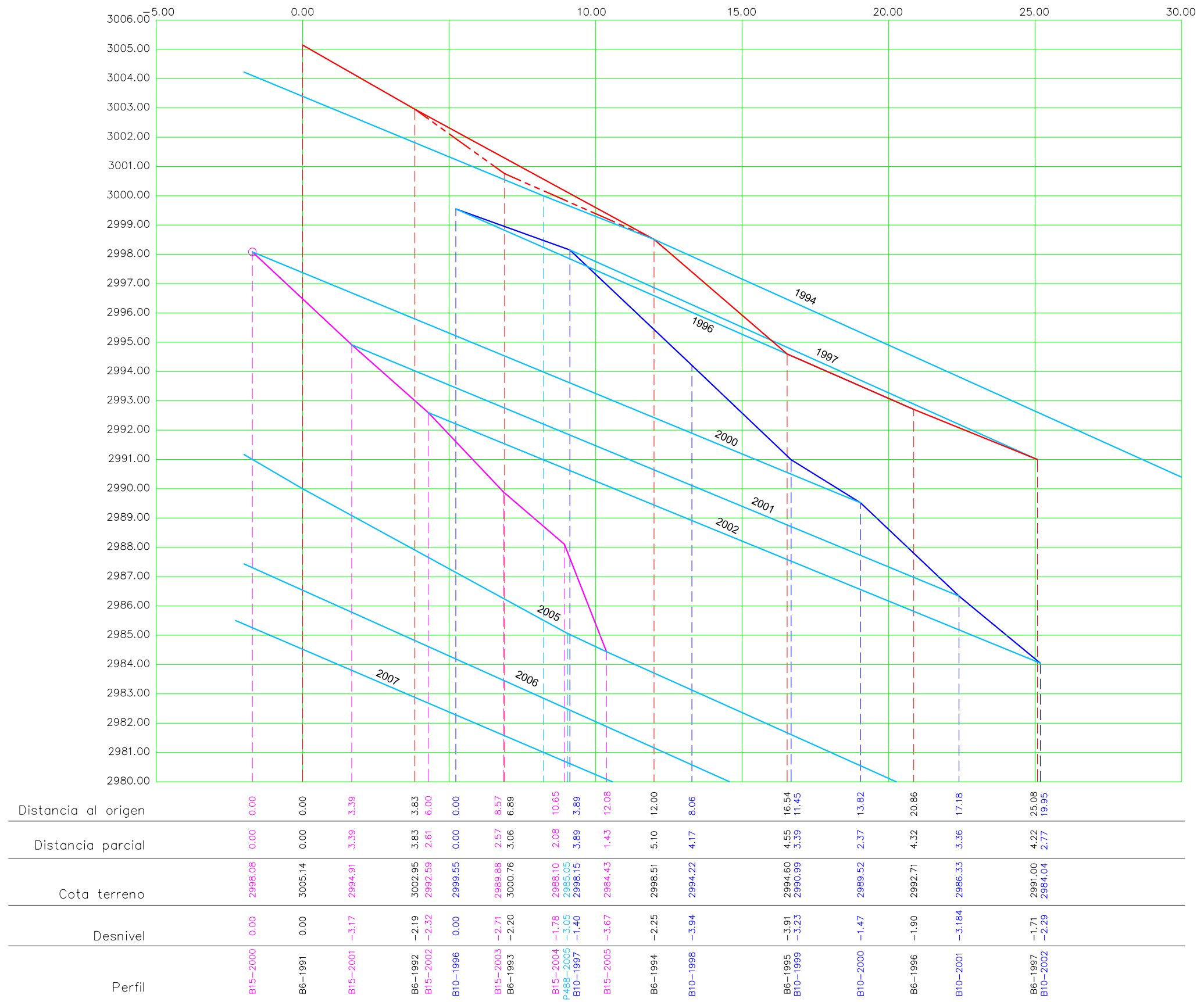
Esc. Horizontal = 1/200 Esc. Vertical = 1/200



- Perfil movimiento baliza 5
- Perfil movimiento baliza 12
- Perfil movimiento baliza 17
- Perfiles reales glaciar
- Terreno natural

MALADETA - BALIZAS 6, 10 y 15

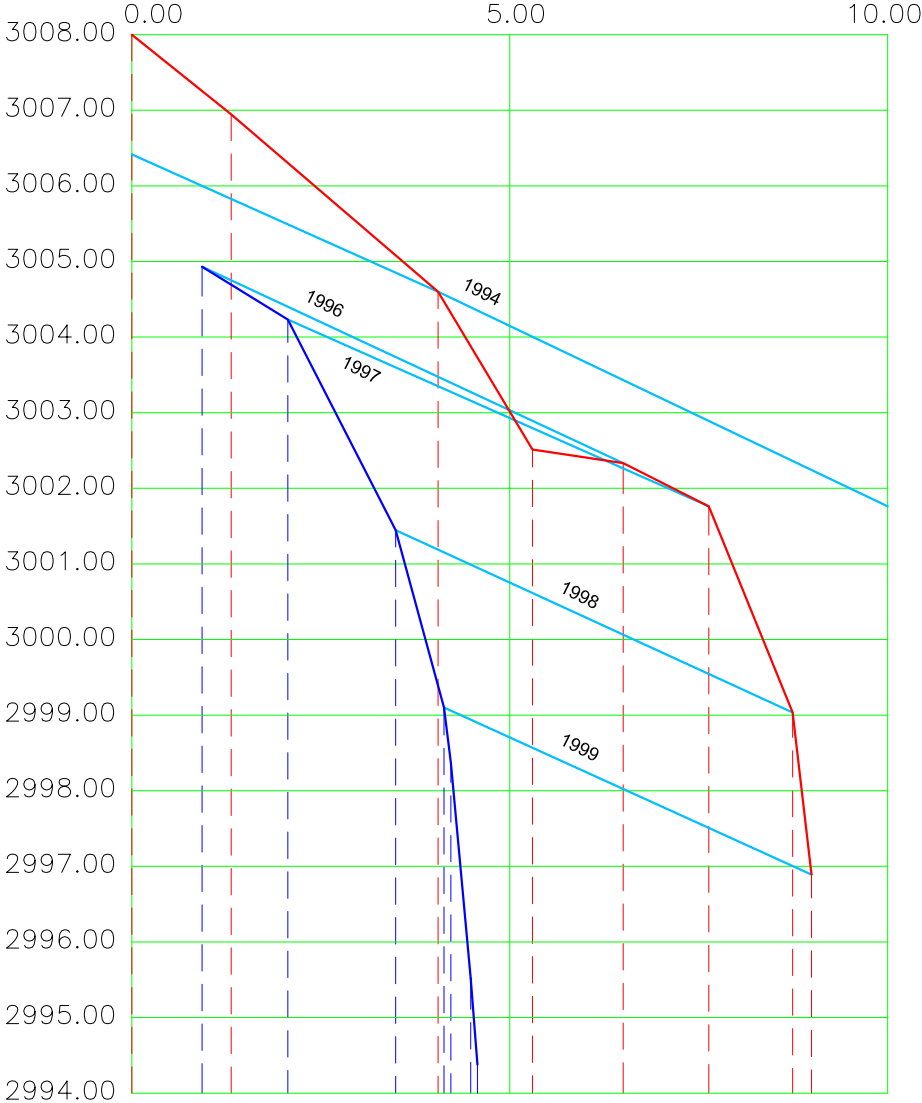
Esc. Horizontal = 1/ 150 Esc. Vertical = 1/ 150



- Perfil movimiento baliza 6
- Perfil movimiento baliza 10
- Perfil movimiento baliza 15
- Perfiles reales glaciar

MALADETA - BALIZAS 7 y 8

Esc. Horizontal = 1/ 100 Esc. Vertical = 1/ 100

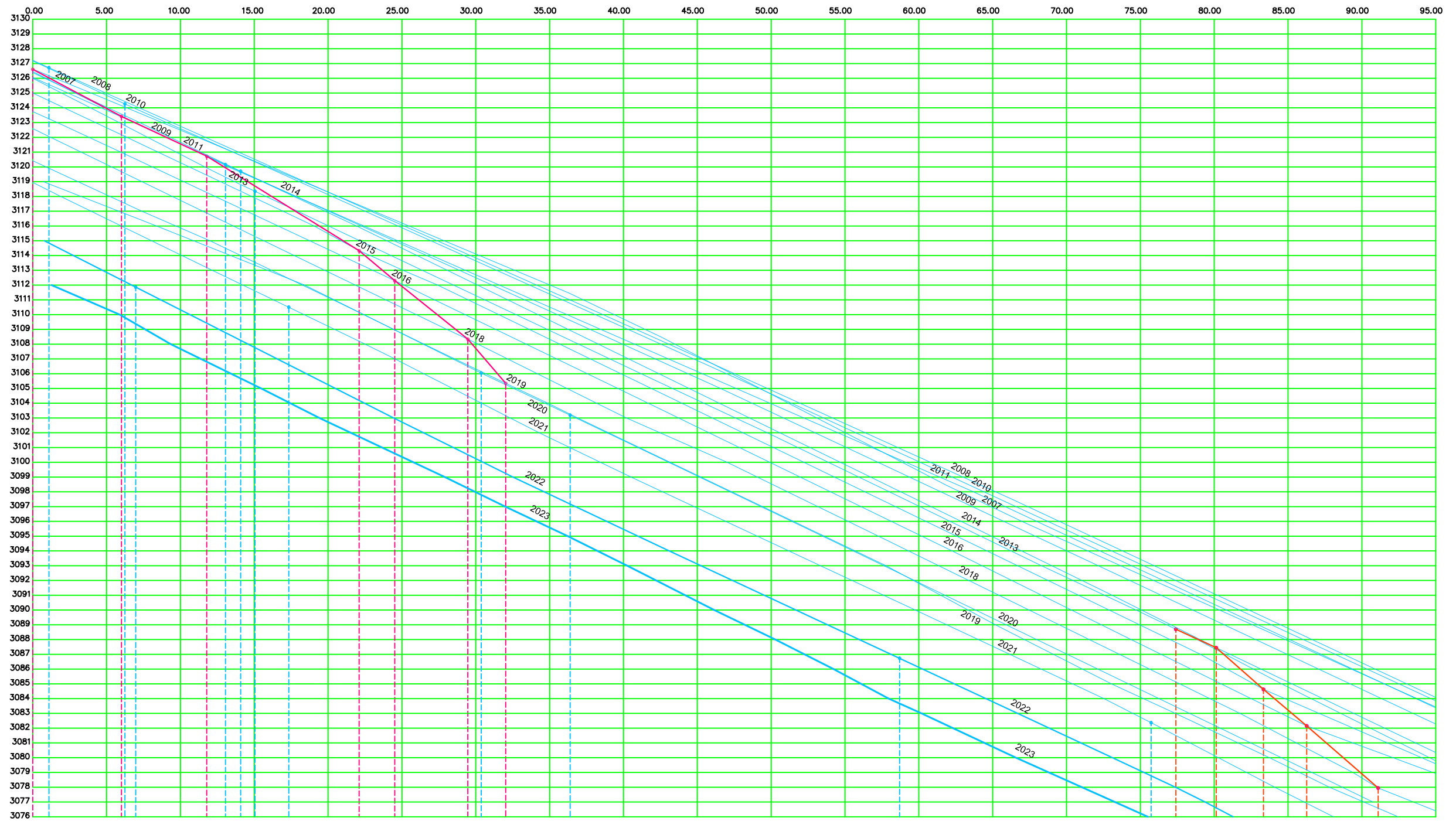


Distancia al origen	0.00	0.00	1.32	1.135	2.56	4.05	3.20	3.29	3.55	3.64	5.30	6.50	7.63	8.74	8.99
Distancia parcial	0.00	0.00	1.32	1.135	1.43	2.74	0.64	0.09	0.26	0.09	1.25	1.20	1.13	1.11	0.25
Cota terreno	3008.00	3004.93	3006.95	3004.23	3001.45	3004.60	2999.10	2998.37	2996.23	2995.08	3002.52	3002.34	3001.77	2999.05	2996.89
Desnivel	0.00	0.00	-1.05	-0.70	-2.79	-2.35	-2.37	-0.73	-2.85	-1.14	-2.09	-0.18	-0.57	-2.73	-2.18
Perfil	B7-1991	B8-1996 B7-1992	B8-1997	B8-1998 B7-1994 B8-1999 B8-2000 B8-2001 B8-2002	B7-1995	B7-1996	B7-1997	B7-1998 B7-1999							

— Perfil movimiento baliza 7
— Perfil movimiento baliza 8
— Perfiles reales glaciar

MALADETA - BALIZAS 20 y 24

Esc. Horizontal = 1/ 300 Esc. Vertical = 1/ 300

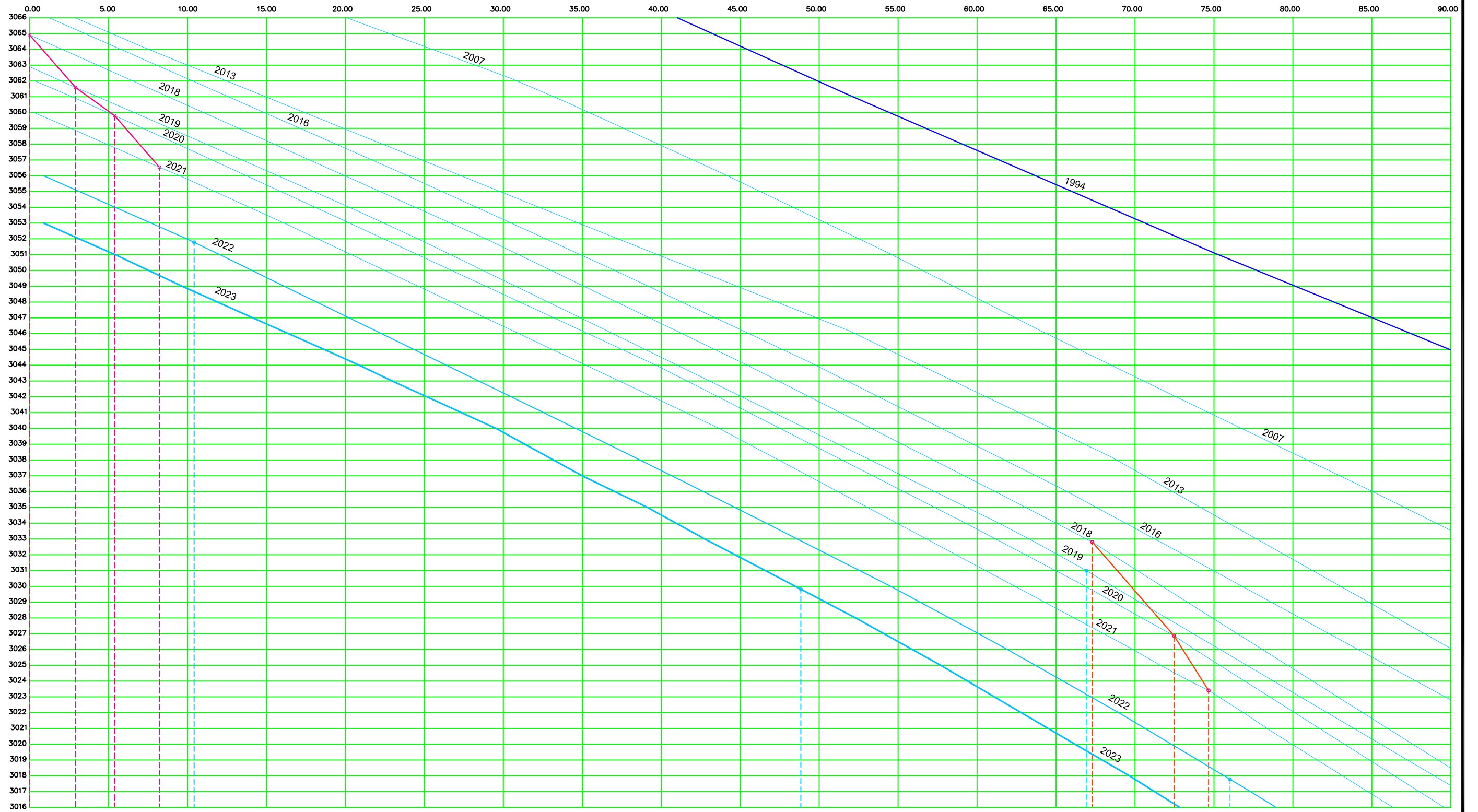


Distancia origen	0.00	6.01	11.78	22.10	24.51	28.46	32.02	3086.73	0.00	2.73	5.93	8.86	13.70	
Distancia parcial	0.00	6.01	5.77	10.32	2.41	4.95	2.56		0.00	2.73	3.20	2.93	4.84	
Cota terreno	3126.62	3123.43	3120.73	3114.33	3112.30	3108.34	3105.35	3103.19	3082.37	3088.70	3087.45	3084.63	3082.15	3077.95
Desnivel	0.00	-3.19	-2.71	-6.40	-2.02	-3.96	-2.99		0.00	-1.25	-3.20	-2.47	-4.20	
Perfil	B20-2007 P20-2008	B20-2009 P2006-2023	B20-2011 P694-2009 P1033-2014 P948-2013 P1939-2021	B20-2015	B20-2016	B20-2018 P1194-2020	B20-2019	P1196-2020	P2037-2023	P1904-2021	B24-2013	B24-2014	B24-2015 B24-2016	B24-2018

— Perfil movimiento baliza 20
— Perfil movimiento baliza 24
— Perfiles reales glacier

MALADETA - BALIZAS 29 y 30

Esc. Horizontal = 1/ 250 Esc. Vertical = 1/ 250



Distancia origen	0.00	2.92	5.38	8.23			0.00	5.18	7.37	
Distancia parcial	0.00	2.92	2.46	2.85			0.00	5.18	2.19	
Cota terreno	3064.84	3061.58	3059.81	3056.84	3051.76	3029.82	3030.95	3028.87	3023.41	3017.76
Desnivel	0.00	-3.36	-1.77	-3.27			0.00	-5.94	-3.46	
Perfil	B29-2018	B29-2019	B29-2020	B29-2021	P2074-2022	P2120-2023	P1625-2019 B30-2018	B30-2020	B30-2021	P2084-2022

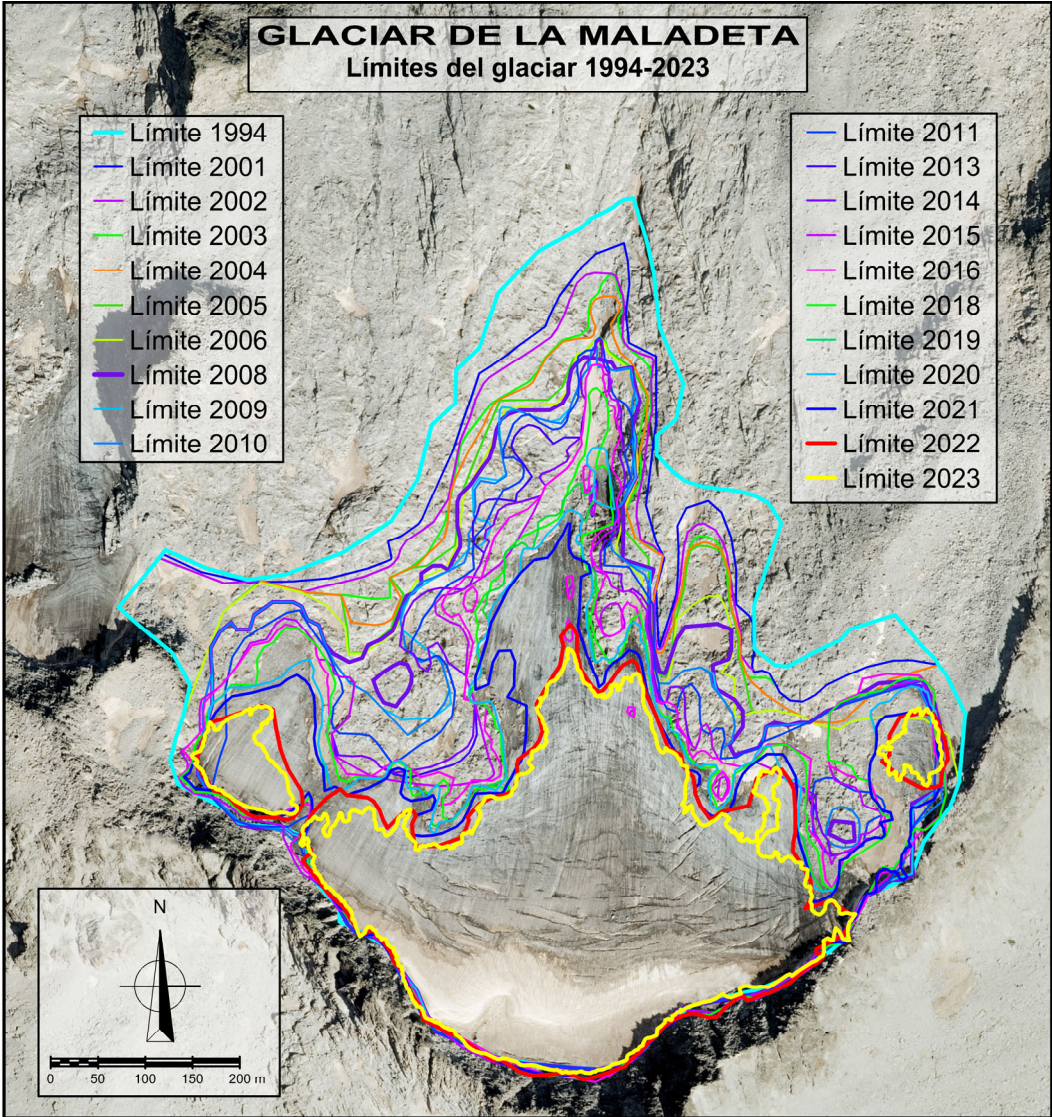
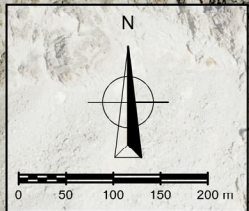
— Perfil movimiento baliza 29
— Perfil movimiento baliza 30
— Perfiles reales glaciar

1.3.- GLACIAR DE LA MALADETA.LÍMITES DEL GLACIAR

GLACIAR DE LA MALADETA
Límites del glaciar 1994-2023

- Límite 1994
- Límite 2001
- Límite 2002
- Límite 2003
- Límite 2004
- Límite 2005
- Límite 2006
- Límite 2008
- Límite 2009
- Límite 2010

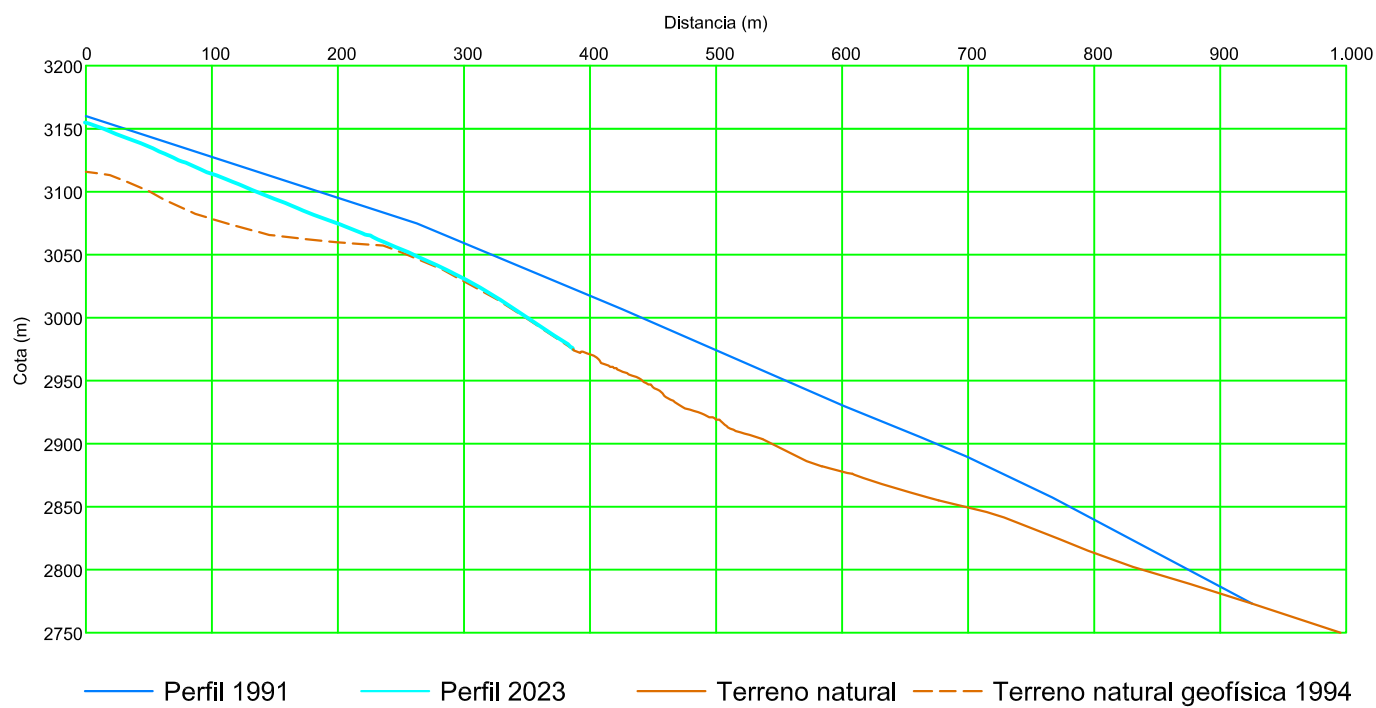
- Límite 2011
- Límite 2013
- Límite 2014
- Límite 2015
- Límite 2016
- Límite 2018
- Límite 2019
- Límite 2020
- Límite 2021
- Límite 2022
- Límite 2023



1.4.- GLACIAR DE LA MALADETA. PERFIL LONGITUDINAL

GLACIAR DE LA MALADETA

Perfiles longitudinales 1991-2023



ANEJO 2. RESULTADOS MODELO
HIDROLÓGICO ASTER

INFORME MODELO ASTER 8.6.26

Modelo hidrológico pluviométrico-nival de simulación y previsión

(C) Junio 2005-2023, SPESA Ingeniería

Av. César Augusto 3, 10ºC

50004 Zaragoza (Spain)

(+34) 976410147, 976134787

aster@spesa.es

www.spesa.es

[C:\Users\\AppData\Local\Programs\Aster\Asterw.EXE 23/05/2023 09:49]

INVITADO Verdadero Verdadero Falso [Falso]

Aster Core: 7.2.0 2023 RTN DLY [36;29] , Versión 1 - Esquema clásico. Fusión variable con Presión/Cota

Coefficientes de transferencia no unitarios.

Fichero de usuario:

Versión fichero de proyecto (.APJ): 0

System Requirements (MB): 6

Fecha de creación de este informe: 22/06/2023 12:30

---- DATOS FÍSICOS DE LA CUENCA

Nombre Cuenca...:MALADETA

Superficie.....:0.3 km²

Altitud media...:3066.4 m

Altitud máxima...:3222.6 m

Altitud mínima...:2854.5 m

Número de Celdas: 460

Tamaño celdas(m): 25 x 25

Hemisferio: N

Latitud media...: 43.0 °

Versión .CUE ...: 2

Se calcula en la celda Nº: 459

(X;Y;Z;Celda) Cierre: 306605;4725263;2855

(Sin conexión entre cuencas)

Se aplica el gradiente termométrico estático.

---- DATOS METEOROLÓGICOS

-- PERIODO ORIGINAL

Dato Inicial.: 01/10/2022 00:00 Dato final.: 17/06/2023 00:00

Periodicidad de los datos: Diarios

---- DATOS DE SIMULACIÓN

-- PERIODO SIMULADO

Dato Inicial.: 01/10/2022 00:00 Dato final.: 17/06/2023 00:00

Número de datos: 260

Periodicidad de la ejecución: Diarios

---- DATOS DE PREVISION

-- PERIODO DE PREVISION

No se realiza previsión meteorológica.

-- FICHEROS UTILIZADOS

Cuenca.... : C:\Trabajos\1480- Maladeta 2023\20230617 acumulación\Aster\MALADETA2017.CUE
Bitmap : C:\Trabajos\1480- Maladeta 2023\20230617 acumulación\Aster\MALADETA2017.BMP
Estaciones : C:\Trabajos\1480- Maladeta 2023\20230617 acumulación\Aster\Maladeta_2022_h31.EST
Parámetros : C:\Trabajos\1480- Maladeta 2023\20230617 acumulación\Aster\MALADETA2023_CALIBRACION.INI
Datos MTO. : C:\Trabajos\1480- Maladeta 2023\20230617 acumulación\Aster\Maladeta_2023.met
Pértigas : C:\Trabajos\1480- Maladeta 2023\20230617 acumulación\Aster\MALADETA2017.CPE

ND: Dato No Disponible

---- PARÁMETROS DE AJUSTE

Coeficiente de Correlación, R = -1.000
NTD = -1.000
Coeficiente de variabilidad, CoVb = -1.000
Relación residuos-caudal medio, S = -1.000

-- DATOS HIDRO-MORFOLÓGICOS DE LA CUENCA (PERIODO DE SIMULACIÓN)

Coeficiente de Evaporación: 0.065
Coef.Escorrentía Calculado: 0.097
Coef.Escorrentía Observado: 0.000

-- BALANCE HIDROLÓGICO (PERIODO DE SIMULACIÓN)

Estado previo

Volumen disponible(hm³) : 0.0000
Acumulado en depósitos (hm³) : 0.0055
Nieve acumulada (hm³) : 0.0

Balance

Precipitación Total (hm³) : 0.3975
Aport. Externas (.APE)(hm³) : 0.000
Deriv. Externas (.APE)(hm³) : 0.000
Aport. Externas reales(hm³) : 0.000
Deriv. Externas reales(hm³) : 0.000
Aportaciones Forzadas (hm³) : 0.000
Evaporación Total (hm³) : 0.005
Sublimación Total (hm³) : 0.021
Incremento Nieve Acumulada(hm³): 0.2407
Aportación Calculada (hm³) : 0.0386
Aportación Observada (hm³) : 0.0000

Balance de precipitaciones

Total precipitaciones (hm³) : 0.3975
Total precip.líquidas (hm³) : 0.0733
Total precip. estado sólido-nieve (hm³): 0.3242

Lluvia infiltrada (%) / (hm³) : 0.0 / 0.0000
Lluvia retenida-evap. (%) / (hm³): 0.0 / 0.0000
Escorrentía directa (%) / (hm³): 0.0 / 0.0000

Nieve fundida (infiltrada) (%) : 19.4

Nieve sublimada (%) : 6.4

Origen de la escorrentía natural

Escorrentía natural (hm³) : 0.0735

Escorrentía directa(%) / (hm³) : 0.0 / 0.0000

Escorrentía retrasada(%) / (hm³) : 34.8 / 0.0256

Escorrentía superf.(%) / (hm³) : 13.7 / 0.0101

Subterránea (lenta) (%) / (hm³) : 51.5 / 0.0378

Estado final

Volumen disponible(hm³) : 0.0349

Nieve acumulada (hm³) : 0.2407

Acumulado en depósitos (hm³) : 0.0631

En depósito superior(hm³) : 0.0363

En depósito inferior(hm³) : 0.0268

Incrementos

Incremento Depósitos(hm³) : 0.0576

Incremento Depósitos (%) : 1044.3

Inc.Depósitos/Preci.Total (%) : 14.5

Ausencia Caudales Obs.(%) : 100.0

---- DATOS DE ESTACIONES METEOROLOGICAS (SIMULACIÓN + PREVISIÓN)

-- PRECIPITACIONES

Estación: A258 ÉSERA (CAMPO) Cota(m): 675 Celda: -99

Máxima = 45.8000 mm Total =488.6000 mm Media = 1.8792 mm Disponibilidad de datos = 100.0%

Estación: A145 ERISTE Cota(m): 1050 Celda: -99

Máxima = 61.0000 mm Total =600.0002 mm Media = 2.3077 mm Disponibilidad de datos = 100.0%

Estación: P102 Cerler Cota(m): 1900 Celda: -99

Máxima = 58.6000 mm Total =756.9001 mm Media = 2.9112 mm Disponibilidad de datos = 100.0%

Estación: P103 **Llanos del Hospital** Cota(m): 1752 Celda: -99

Máxima = 56.4000 mm Total =371.5001 mm Media = 4.2216 mm Disponibilidad de datos = **33.8%**

Estación: R064 La Coma Cota(m): 1770 Celda: -99

Máxima = 66.4000 mm Total =658.6000 mm Media = 2.5527 mm Disponibilidad de datos = 99.2%

Estación: A171 Molino de Gistaín Cota(m): 1260 Celda: -99

Máxima = 63.2000 mm Total =880.1002 mm Media = 3.3850 mm Disponibilidad de datos = 100.0%

-- TEMPERATURAS

Estación: N006 Ordiceto Cota(m): 2380 Celda: -99

Máxima = 12.13 °C Mínima = -17.53 °C Media =0.97 °C Disponibilidad de datos = 97.3%

Estación: N007 Renclusa Cota(m): 2180 Celda: -99

Máxima = -99.00 °C Mínima = -99.00 °C Media =-99.00 °C Disponibilidad de datos = 0.0%

Estación: N008 Salenques Cota(m): 2600 Celda: -99

Máxima = 11.10 °C Mínima = -18.93 °C Media =0.37 °C Disponibilidad de datos = 91.9%

Estación: N009 Eriste Cota(m): 2350 Celda: -99
Máxima = 13.06 °C Mínima = -15.74 °C Media = 2.70 °C Disponibilidad de datos = 98.8%

Estación: A258 ÉSERA (CAMPO) Cota(m): 675 Celda: -99
Máxima = 19.87 °C Mínima = -2.26 °C Media = 7.99 °C Disponibilidad de datos = 100.0%

Estación: A145 ERISTE Cota(m): 1050 Celda: -99
Máxima = 16.70 °C Mínima = -3.88 °C Media = 7.86 °C Disponibilidad de datos = 78.1%

Estación: P102 Cerler Cota(m): 1900 Celda: -99
Máxima = 14.62 °C Mínima = -9.42 °C Media = 3.90 °C Disponibilidad de datos = 100.0%

Estación: R058 Pegueras Cota(m): 1990 Celda: -99
Máxima = -99.00 °C Mínima = -99.00 °C Media = -99.00 °C Disponibilidad de datos = 0.0%

Estación: N015 Besurta Cota(m): 1930 Celda: -99
Máxima = 14.45 °C Mínima = -13.35 °C Media = 3.28 °C Disponibilidad de datos = 98.8%

Estación: Aneto **Aneto** Cota(m): 2965 Celda: -99
Máxima = 8.07 °C Mínima = -12.77 °C Media = -1.83 °C Disponibilidad de datos = **30.0%**

-- ELEMENTOS DE CONTROL NIVAL

Elementos:B20 B20 Cota(m): 3125 Celda: 128
Elementos:B24 B24 Cota(m): 3075 Celda: 180
Elementos:B25 B25 Cota(m): 3000 Celda: 350
Elementos:B26 B26 Cota(m): 2940 Celda: 422
Elementos:B17 B17 Cota(m): 2870 Celda: 457

---- DATOS GENERALES PARA LA CUENCA COMPLETA (SÓLO PERIODO DE SIMULACIÓN)

-- TEMPERATURAS

Máxima	Fecha	Mínima	Fecha	Media
5.68 °C	03/10/2022 00:00	-22.47°C	27/02/2023 00:00	-5.24°C

-- PRECIPITACIONES

Máxima	Fecha	Total
93.0162 mm	17/06/2023 00:00	1441.0300 mm

-- NIEVE PRECIPITADA/ACUMULADA

Máxima	Fecha	Máxima	Fecha
67.9 mm	20/10/2022 00:00	0.3 hm ³	13/06/2023 00:00

-- CAUDALES CALCULADOS (SIMULACIÓN)

Máximo	Fecha	Mínimo	Fecha	Medio	Total
0.0161 m ³ /s	17/06/2023 00:00	0.0000 m ³ /s	01/10/2022 00:00	0.0017 m ³ /s	0.0386 hm ³

-- CAUDALES OBSERVADOS (SIMULACIÓN)

Máximo	Fecha	Mínimo	Fecha	Total
ND	ND	ND	ND	ND

-- SUPERFICIE INNVADA Y VOLÚMENES ALMACENADOS POR COTAS

----INSTANTE FINAL DE LA SIMULACIÓN

Fecha: 17/06/2023 00:00
Intervalo (m): 100
Cota Inicio Nieve (m): 2855
Superficie Total Innivada (km²): 0.28 (99.8 %)
Altura Agua Equiv. Media(mm): 873.49

06/10/2022 00:00	1.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.24	0.000	0.0002	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0001	ND	0.00000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/10/2022 00:00	0.9	15.439	0.004	6.142	0.002	0.00	0.11	0.001	0.0002	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0001	ND	0.00010.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/10/2022 00:00	-0.9	0.790	0.000	0.683	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0003	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0001	ND	0.00010.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/10/2022 00:00	0.1	3.594	0.001	2.230	0.001	0.00	0.02	0.000	0.0003	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0001	ND	0.00010.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
10/10/2022 00:00	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.05	0.000	0.0004	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0002	ND	0.00010.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
11/10/2022 00:00	-0.1	18.124	0.005	11.953	0.003	0.00	0.01	0.000	0.0004	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0002	ND	0.00020.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
12/10/2022 00:00	-0.4	0.047	0.000	0.035	0.000	0.00	0.01	0.000	0.0004	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0002	ND	0.00020.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
13/10/2022 00:00	1.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.15	0.001	0.0005	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0003	ND	0.00030.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
14/10/2022 00:00	3.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.53	0.002	0.0005	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0003	ND	0.00030.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
15/10/2022 00:00	1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.27	0.001	0.0005	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0004	ND	0.00030.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
16/10/2022 00:00	2.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.36	0.001	0.0005	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0004	ND	0.00040.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
17/10/2022 00:00	1.2	10.599	0.003	3.544	0.001	0.00	0.14	0.001	0.0005	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0004	ND	0.00040.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
18/10/2022 00:00	3.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.51	0.001	0.0005	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0005	ND	0.00050.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
19/10/2022 00:00	3.2	17.261	0.005	0.085	0.000	0.00	0.53	0.000	0.0006	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0005	ND	0.00050.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
20/10/2022 00:00	-0.4	91.903	0.025	67.873	0.019	0.02	0.01	0.000	0.0006	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0006	ND	0.00060.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
21/10/2022 00:00	-1.5	29.434	0.008	27.909	0.008	0.03	0.00	0.000	0.0006	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0006	ND	0.00060.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
22/10/2022 00:00	-1.1	2.684	0.001	2.405	0.001	0.03	0.00	0.000	0.0006	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0007	ND	0.00070.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
23/10/2022 00:00	0.2	23.393	0.006	13.791	0.004	0.03	0.03	0.000	0.0008	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0008	ND	0.00070.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
24/10/2022 00:00	-1.3	8.042	0.002	7.385	0.002	0.03	0.00	0.000	0.0008	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0008	ND	0.00080.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
25/10/2022 00:00	1.2	0.047	0.000	0.017	0.000	0.03	0.14	0.001	0.0008	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0009	ND	0.00090.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
26/10/2022 00:00	1.8	0.139	0.000	0.028	0.000	0.03	0.24	0.001	0.0008	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0010	ND	0.00100.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
27/10/2022 00:00	2.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.03	0.39	0.002	0.0009	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0010	ND	0.00100.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
28/10/2022 00:00	3.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.03	0.56	0.002	0.0009	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0011	ND	0.00110.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
29/10/2022 00:00	2.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.02	0.39	0.002	0.0009	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0012	ND	0.00120.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
30/10/2022 00:00	-0.1	1.853	0.001	1.207	0.000	0.02	0.01	0.000	0.0010	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0013	ND	0.00130.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
31/10/2022 00:00	-1.2	17.838	0.005	16.208	0.004	0.03	0.00	0.000	0.0011	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0014	ND	0.00140.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
01/11/2022 00:00	-1.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.03	0.00	0.000	0.0011	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0015	ND	0.00150.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
02/11/2022 00:00	-2.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.03	0.00	0.000	0.0012	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0016	ND	0.00160.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
03/11/2022 00:00	-3.5	13.369	0.004	13.369	0.004	0.03	0.00	0.000	0.0013	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0017	ND	0.00170.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
04/11/2022 00:00	-8.6	25.703	0.007	25.703	0.007	0.04	0.00	0.000	0.0014	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0018	ND	0.00180.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
05/11/2022 00:00	-5.4	2.080	0.001	2.080	0.001	0.04	0.00	0.000	0.0014	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0019	ND	0.00190.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
06/11/2022 00:00	-0.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04	0.00	0.000	0.0015	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0021	ND	0.00200.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
07/11/2022 00:00	-3.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04	0.00	0.000	0.0015	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0022	ND	0.00220.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
08/11/2022 00:00	-2.9	1.941	0.001	1.941	0.001	0.04	0.00	0.000	0.0016	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0023	ND	0.00230.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
09/11/2022 00:00	-3.5	5.827	0.002	5.827	0.002	0.04	0.00	0.000	0.0016	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0025	ND	0.00250.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
10/11/2022 00:00	-3.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0026	ND	0.00260.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
11/11/2022 00:00	-2.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0027	ND	0.00270.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00

09/04/2023 00:00	-2.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0123	ND	0.01230.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
10/04/2023 00:00	-2.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0124	ND	0.01240.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
11/04/2023 00:00	-1.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0126	ND	0.01260.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
12/04/2023 00:00	-4.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0127	ND	0.01270.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
13/04/2023 00:00	-10.8	0.247	0.000	0.247	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0129	ND	0.01290.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
14/04/2023 00:00	-6.9	0.713	0.000	0.713	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0130	ND	0.01300.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
15/04/2023 00:00	-7.5	0.247	0.000	0.247	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0132	ND	0.01320.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
16/04/2023 00:00	-7.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0133	ND	0.01330.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
17/04/2023 00:00	-9.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0017	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0135	ND	0.01350.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
18/04/2023 00:00	-6.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0016	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0136	ND	0.01360.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
19/04/2023 00:00	-3.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0016	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0137	ND	0.01370.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
20/04/2023 00:00	-1.1	0.741	0.000	0.655	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0016	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0139	ND	0.01390.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
21/04/2023 00:00	-0.2	0.425	0.000	0.295	0.000	0.17	0.02	0.000	0.0016	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0140	ND	0.01400.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
22/04/2023 00:00	-4.9	31.636	0.009	31.636	0.009	0.18	0.00	0.000	0.0015	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0142	ND	0.01410.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
23/04/2023 00:00	-4.5	2.799	0.001	2.799	0.001	0.18	0.00	0.000	0.0015	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0143	ND	0.01430.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
24/04/2023 00:00	-5.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.18	0.00	0.000	0.0015	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0144	ND	0.01440.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
25/04/2023 00:00	-0.2	0.494	0.000	0.335	0.000	0.18	0.02	0.000	0.0014	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0145	ND	0.01450.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
26/04/2023 00:00	1.4	2.511	0.001	0.712	0.000	0.18	0.23	0.002	0.0015	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0147	ND	0.01470.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
27/04/2023 00:00	2.1	0.178	0.000	0.023	0.000	0.17	0.39	0.002	0.0016	ND	0.0001	ND	0.0001	0.0148	ND	0.01480.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
28/04/2023 00:00	4.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.99	0.005	0.0019	ND	0.0002	ND	0.0002	0.0150	ND	0.01500.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
29/04/2023 00:00	1.6	1.742	0.000	0.397	0.000	0.17	0.28	0.002	0.0023	ND	0.0002	ND	0.0002	0.0152	ND	0.01520.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
30/04/2023 00:00	-3.3	0.247	0.000	0.247	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0025	ND	0.0002	ND	0.0002	0.0154	ND	0.01540.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
01/05/2023 00:00	-5.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0027	ND	0.0002	ND	0.0002	0.0156	ND	0.01560.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
02/05/2023 00:00	0.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.17	0.06	0.000	0.0028	ND	0.0002	ND	0.0002	0.0159	ND	0.01580.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
03/05/2023 00:00	3.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.16	0.81	0.004	0.0031	ND	0.0003	ND	0.0003	0.0161	ND	0.01610.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
04/05/2023 00:00	2.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.16	0.50	0.003	0.0034	ND	0.0003	ND	0.0003	0.0164	ND	0.01640.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
05/05/2023 00:00	2.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.16	0.38	0.002	0.0037	ND	0.0003	ND	0.0003	0.0167	ND	0.01670.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00
06/05/2023 00:00	1.3	15.009	0.004	4.482	0.001	0.16	0.22	0.002	0.0046	ND	0.0004	ND	0.0004	0.0171	ND	0.01710.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
07/05/2023 00:00	-2.0	14.707	0.004	14.425	0.004	0.16	0.00	0.000	0.0050	ND	0.0004	ND	0.0004	0.0176	ND	0.01760.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
08/05/2023 00:00	-2.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.16	0.00	0.000	0.0052	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0180	ND	0.01800.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
09/05/2023 00:00	-0.7	3.402	0.001	2.700	0.001	0.16	0.01	0.000	0.0054	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0185	ND	0.01850.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
10/05/2023 00:00	-5.7	0.247	0.000	0.247	0.000	0.16	0.00	0.000	0.0056	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0190	ND	0.01900.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
11/05/2023 00:00	-6.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.16	0.00	0.000	0.0057	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0195	ND	0.01940.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
12/05/2023 00:00	-8.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.16	0.00	0.000	0.0057	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0200	ND	0.01990.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
13/05/2023 00:00	-8.0	0.178	0.000	0.178	0.000	0.16	0.00	0.000	0.0058	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0205	ND	0.02040.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
14/05/2023 00:00	-6.9	0.494	0.000	0.494	0.000	0.16	0.00	0.000	0.0058	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0210	ND	0.02090.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
15/05/2023 00:00	-7.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.16	0.00	0.000	0.0058	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0215	ND	0.02150.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00

16/05/2023 00:00	-8.1	22.224	0.006	22.224	0.006	0.17	0.00	0.000	0.0058	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0220	ND	0.02200.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
17/05/2023 00:00	-6.6	1.235	0.000	1.235	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0058	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0225	ND	0.02250.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
18/05/2023 00:00	-8.3	1.235	0.000	1.235	0.000	0.17	0.00	0.000	0.0058	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0230	ND	0.02300.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
19/05/2023 00:00	-8.0	17.285	0.005	17.285	0.005	0.17	0.00	0.000	0.0057	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0235	ND	0.02340.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
20/05/2023 00:00	-6.3	6.105	0.002	6.105	0.002	0.18	0.00	0.000	0.0057	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0239	ND	0.02390.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
21/05/2023 00:00	-3.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.18	0.00	0.000	0.0056	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0244	ND	0.02440.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
22/05/2023 00:00	-2.3	9.027	0.002	8.962	0.002	0.18	0.00	0.000	0.0055	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0249	ND	0.02490.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
23/05/2023 00:00	-2.0	17.053	0.005	16.738	0.005	0.18	0.00	0.000	0.0054	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0254	ND	0.02540.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
24/05/2023 00:00	-1.5	25.695	0.007	24.433	0.007	0.19	0.00	0.000	0.0053	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0258	ND	0.02580.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
25/05/2023 00:00	-4.1	57.017	0.016	57.017	0.016	0.20	0.00	0.000	0.0053	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0263	ND	0.02630.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
26/05/2023 00:00	-1.3	3.800	0.001	3.519	0.001	0.21	0.00	0.000	0.0052	ND	0.0004	ND	0.0004	0.0267	ND	0.02670.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
27/05/2023 00:00	1.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.21	0.17	0.000	0.0051	ND	0.0004	ND	0.0004	0.0272	ND	0.02720.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
28/05/2023 00:00	-0.6	37.261	0.010	29.165	0.008	0.21	0.01	0.000	0.0051	ND	0.0004	ND	0.0004	0.0276	ND	0.02760.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
29/05/2023 00:00	-1.6	16.092	0.004	15.431	0.004	0.22	0.00	0.000	0.0050	ND	0.0004	ND	0.0004	0.0280	ND	0.02800.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
30/05/2023 00:00	-0.8	12.964	0.004	10.795	0.003	0.22	0.00	0.000	0.0049	ND	0.0004	ND	0.0004	0.0285	ND	0.02850.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
31/05/2023 00:00	-0.9	55.135	0.015	46.822	0.013	0.23	0.00	0.000	0.0053	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0289	ND	0.02890.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
01/06/2023 00:00	-2.1	6.873	0.002	6.784	0.002	0.24	0.00	0.000	0.0052	ND	0.0004	ND	0.0004	0.0294	ND	0.02940.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
02/06/2023 00:00	-0.9	8.684	0.002	7.302	0.002	0.24	0.00	0.000	0.0052	ND	0.0004	ND	0.0004	0.0298	ND	0.02980.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
03/06/2023 00:00	-0.8	26.587	0.007	22.290	0.006	0.24	0.00	0.000	0.0053	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0303	ND	0.03030.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
04/06/2023 00:00	0.2	7.339	0.002	4.267	0.001	0.24	0.04	0.000	0.0054	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0308	ND	0.03070.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
05/06/2023 00:00	-0.6	12.059	0.003	9.428	0.003	0.25	0.01	0.000	0.0055	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0312	ND	0.03120.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
06/06/2023 00:00	0.9	14.282	0.004	5.784	0.002	0.25	0.14	0.000	0.0056	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0317	ND	0.03170.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
07/06/2023 00:00	1.3	3.539	0.001	1.068	0.000	0.25	0.23	0.000	0.0056	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0322	ND	0.03220.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
08/06/2023 00:00	0.9	1.838	0.001	0.747	0.000	0.25	0.14	0.000	0.0056	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0327	ND	0.03270.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
09/06/2023 00:00	1.1	6.256	0.002	2.193	0.001	0.25	0.19	0.000	0.0056	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0332	ND	0.03320.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
10/06/2023 00:00	2.1	2.867	0.001	0.381	0.000	0.25	0.43	0.000	0.0056	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0337	ND	0.03360.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
11/06/2023 00:00	1.0	22.443	0.006	8.405	0.002	0.25	0.17	0.000	0.0059	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0342	ND	0.03420.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
12/06/2023 00:00	0.1	5.337	0.001	3.265	0.001	0.25	0.03	0.000	0.0061	ND	0.0005	ND	0.0005	0.0347	ND	0.03470.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
13/06/2023 00:00	0.0	27.905	0.008	17.630	0.005	0.26	0.03	0.000	0.0066	ND	0.0006	ND	0.0006	0.0353	ND	0.03530.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
14/06/2023 00:00	0.3	0.247	0.000	0.137	0.000	0.26	0.06	0.000	0.0069	ND	0.0006	ND	0.0006	0.0359	ND	0.03580.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																	
15/06/2023 00:00	2.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.26																

ANEJO 3. FOTOGRAFÍAS

GLACIAR DE LA MALADETA

Medida de la acumulación (17/06/2023)



Vista general del glaciar de La Maladeta, 17/06/2023



Vista general del glaciar desde margen derecha



Cota 2.950 m (límite actual del glaciar). 240 cm de espesor medio



Parte intermedia del glaciar. 197 cm de espesor medio a unos 3.050 m.



Parte superior del glaciar. 275 cm de espesor medio



Zona de la rimaya. 335 cm de espesor medio

Medida del balance (26/10/2023)



Glaciar del Aneto desde el helicóptero en 2022



Glaciar del Aneto desde el helicóptero en 2023



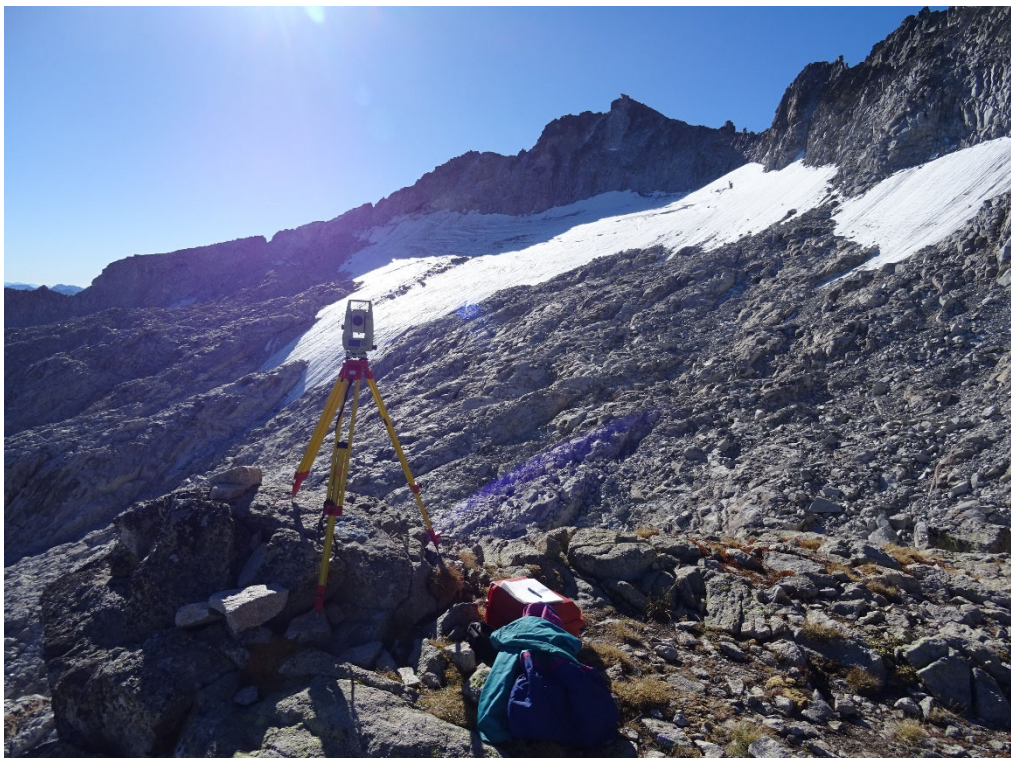
Glaciar de La Maladeta el 03/10/2022. Foto Gerardo Bielsa.



Glaciar de La Maladeta desde el dron



Glaciar de La Maladeta visto desde la base topográfica en 2022



Glaciar de La Maladeta visto desde la base topográfica en 2023



Base topográfica y GPS RTK del dron



Dron Matrice 300 RTK con cámara Lidar y fotogramétrica utilizado por primera vez



Parte baja del glaciar vista desde la base topográfica en 2022



Parte baja del glaciar vista desde la base topográfica en 2023



Parte intermedia del glaciar vista desde la base topográfica en 2022



Parte intermedia del glaciar vista desde la base topográfica en 2023



Parte alta del glaciar vista desde la base topográfica en 2022



Parte alta del glaciar vista desde la base topográfica en 2023



Parte alta (margen izquierda) del glaciar vista desde la base topográfica en 2022



Parte alta (margen izquierda) del glaciar vista desde la base topográfica en 2023



Frente del glaciar desde la base topográfica 2022



Frente del glaciar desde la base topográfica 2023



Rimaya. Lugar donde aterriza el helicóptero para dejar al personal



Baliza 27, cota 3.138 m. Pérdida de 248 cm de espesor de hielo. Desplazamiento horizontal de 1,86 m.



Baliza 1 instalada en 1991 a 3.162 m en la rimaya y no vuelta a ver hasta ahora. Su posición actual está a 3.115 m y a una distancia horizontal de 99 m, lo que nos da un desplazamiento anual medio de 3 m



Parte superior del glaciar vista desde el dron



Parte intermedia del glaciar, muy fragmentado y con abundantes derrubios



Toma de puntos en la zona intermedia del glaciar



Toma de puntos en la parte baja del glaciar, con gran pendiente



Glaciar de La Maladeta Occidental visto desde el dron. Se ha partido en dos, siendo la parte baja apenas residual



GLACIAR DE LA MALADETA. EVOLUCIÓN DE LA MARGEN IZQUIERDA DESDE LA BASE TOPOGRÁFICA



Año 2004



Año 2005



Año 2007



Año 2008



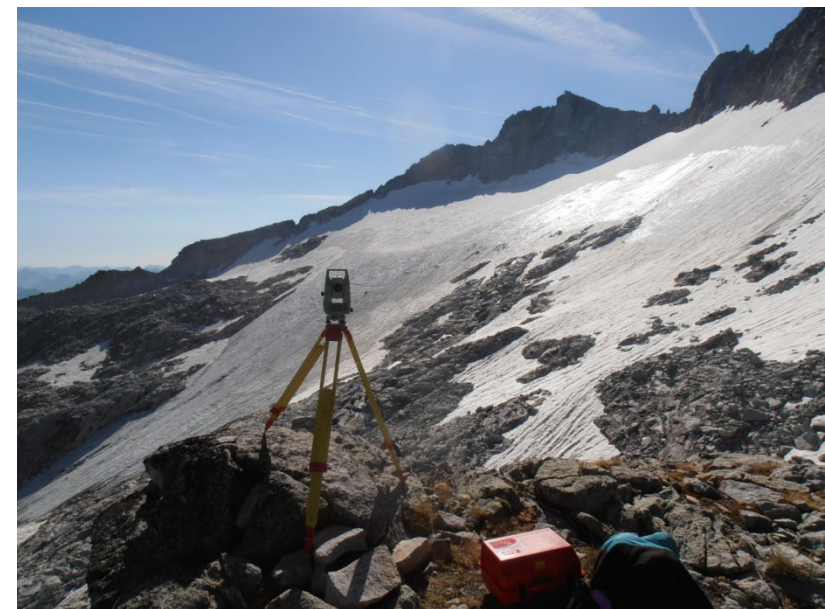
Año 2009



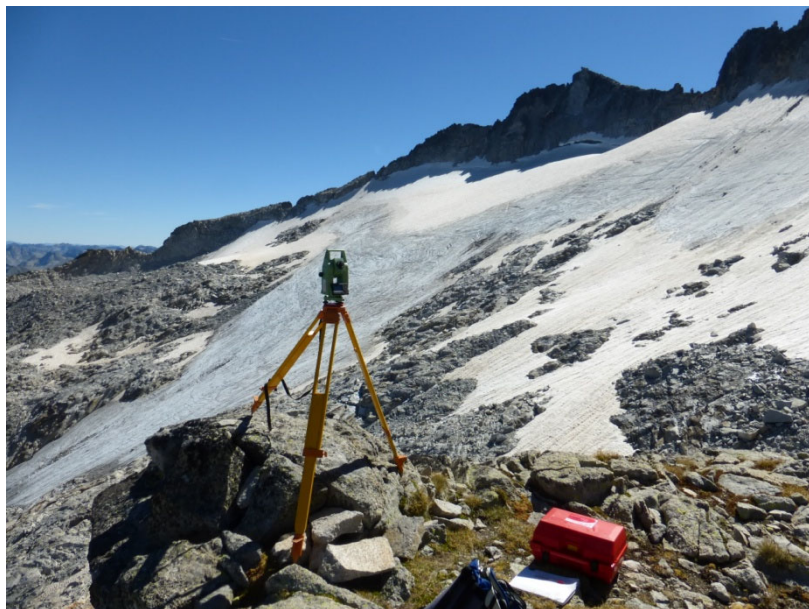
Año 2010



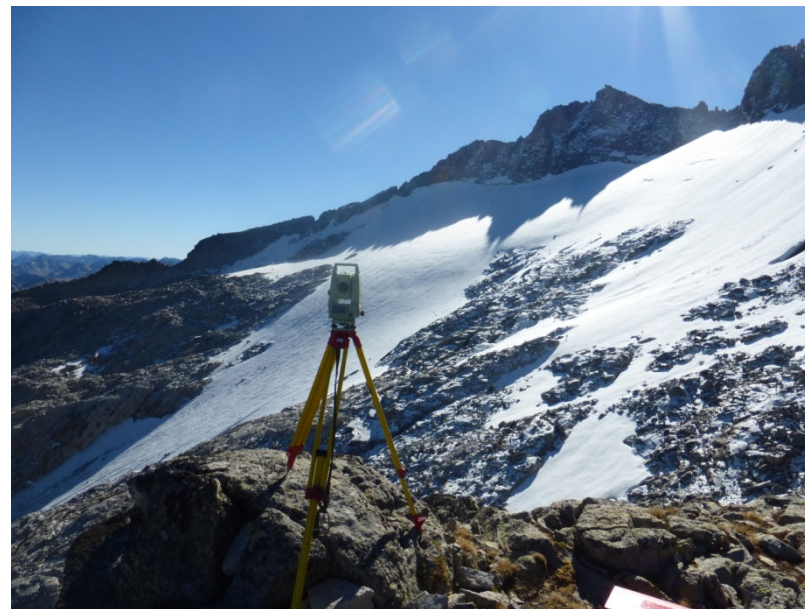
Año 2011



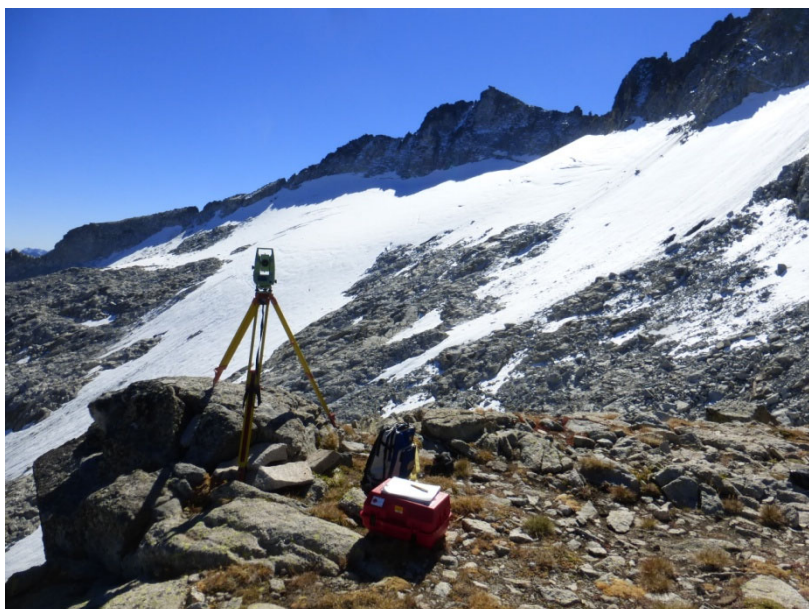
Año 2013



Año 2014



Año 2015



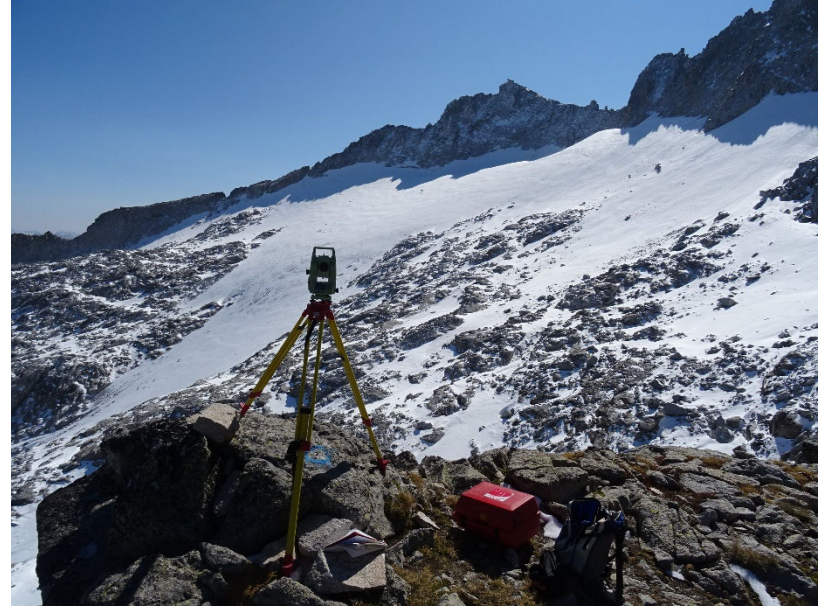
Año 2016



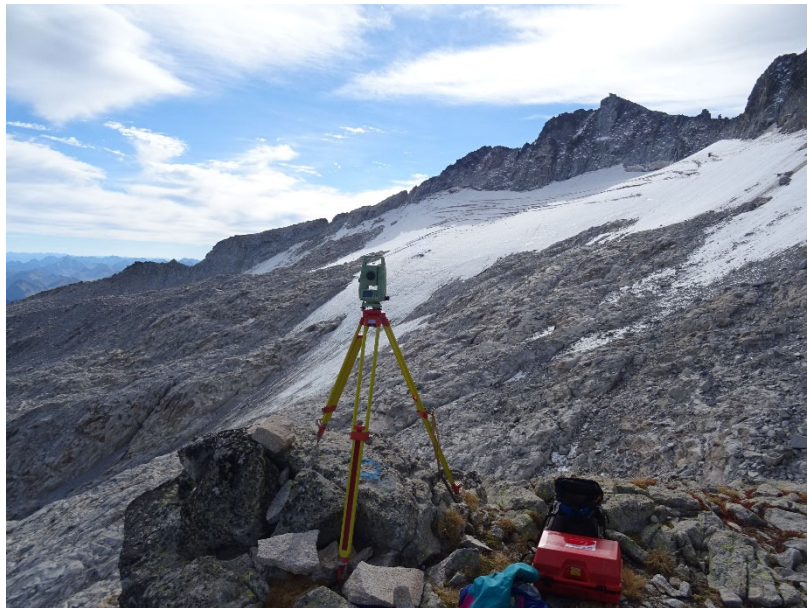
Año 2018



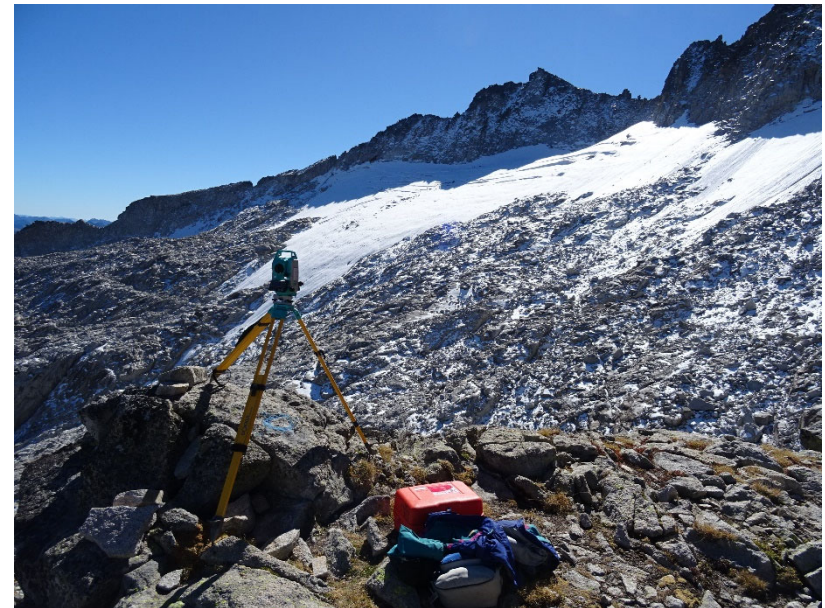
Año 2019



Año 2020



Año 2021



Año 2022



Año 2023