RETROCESO DE GLACIARES EN EL PERU: CONSECUENCIAS SOBRE LOS RECURSOS HIDRICOS Y LOS RIESGOS GEODINAMICOS

Ing. Cesar Portocarrero R.

RESUMEN

Los Andes Peruanos por la gran altura de sus picos, poseen todavía masas glaciares entre los 4500 msnm y 6700 msnm. En algunos glaciares representativos se ha medido un retroceso marcado, lo cual por un lado ha ocasionado y actualmente continúa originando la formación de nuevas lagunas, algunas de ellas con condiciones de peligrosidad latente y por otro lado la disminución del recurso hídrico que abastece a nuestros ríos durante la época de estío fundamentalmente.

En este artículo se muestra en forma suscinta algunos datos acerca del retroceso o cambio de longitud de algunos glaciares en la Cordillera Blanca. Con el conocimiento del fenómeno que viene ocurriendo se han tomado acciones orientadas a disminuir o evitar los peligros representados por las lagunas peligrosas y al mismo tiempo la construcción de pequeños embalses para satisfacer la demanda de agua de diferentes actividades, tales como agricultura, consumo humano, energía, industria, etc.

INTRODUCCION

El Perú posee 19 cordilleras nevadas comprendidas entre las siguientes coordenadas:

8° 08' Lat. S	.....	77° 53'	Long. W	y
14° 44' Lat. S	.....	69° 13'	Long. W	

dentro de ellas la mayor es la Cordillera Blanca con una extensión cercana a los 700 km2.

Estas masas han desempeñado un papel importante en la vida y desarrollo del país por cuanto han constituido los reservorios adicionales del recurso hídrico para consumo humano, agricultura, producción de energía, industria, etc.

Refiriéndonos a la agricultura, actividad muy importante en los paises andinos, debe mencionarse que las tierras que no poseen sistemas de irrigación son completamente vulnerables a las variaciones de precipitación, por lo tanto los períodos críticos golpean en forma inmediata y contundente a la producción y en consecuencia afectan severamente a la economía de la población y del país en general.

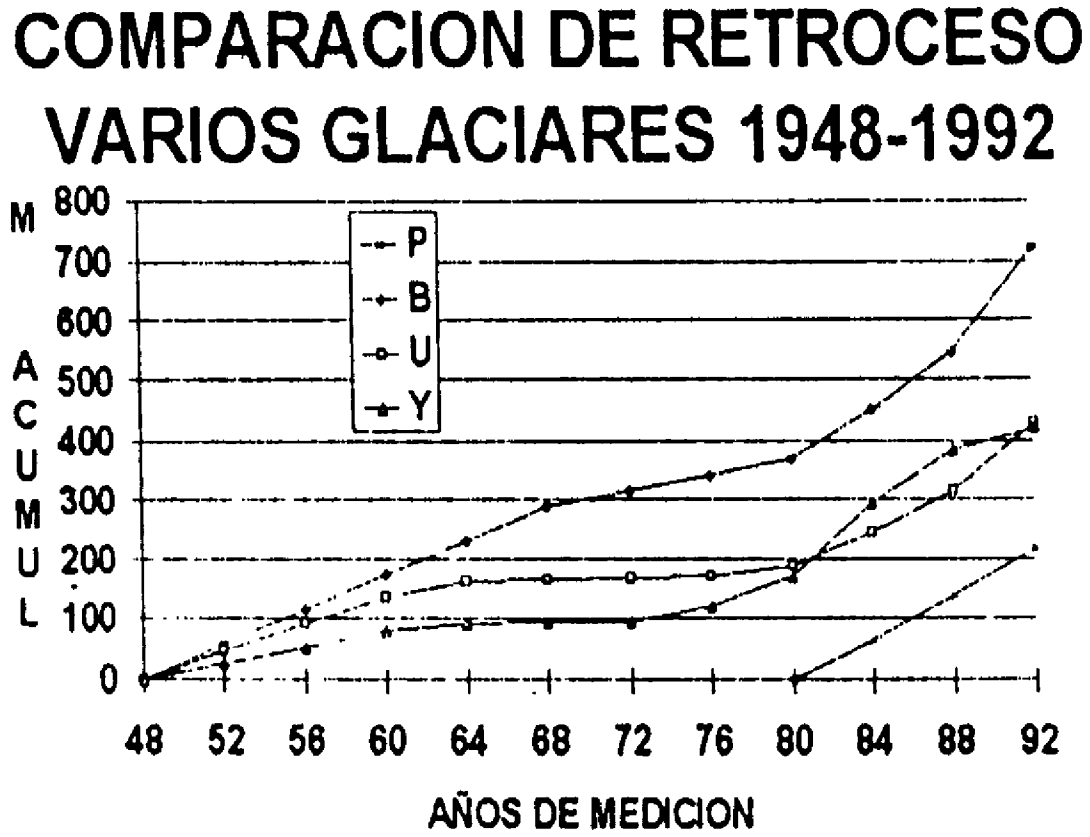
A partir de los datos obtenidos en los glaciares representativos se sabe que su retroceso es cada vez más acelerado y por lo tanto el recurso hídrico cada vez es más escaso.

Pero estos glaciares en el caso del Perú, no solamente son importantes por su valor como recurso hídrico, sino también debido a que en algunos casos han ocasionado desastres muy grandes.

El retroceso glaciar ha dejado tras de sí muchas lagunas y en algunos casos cuando la pendiente del lecho rocoso es muy pronunciada, se tienen glaciares colgantes que estando en condiciones de inestabilidad han caido sobre las lagunas originando desembalses violentos e inundando y destrozando grandes áreas de cultivo así como zonas pobladas y con infraestructura. Tenemos el caso del Monte Huascarán (el más alto de los Andes peruanos con 6,768 msnm.) de cuyo pico norte se desprendieron en los últimos tiempos, en dos oportunidades (1962 y 1970) tremendas masas de glaciar y roca que se deslizaron a mucha velocidad por el valle inferior. Se han adoptado medidas preventivas desde hace varias décadas por lo cual se ha evitado o disminuido la ocurrencia de tales fenómenos de aluvionamiento.

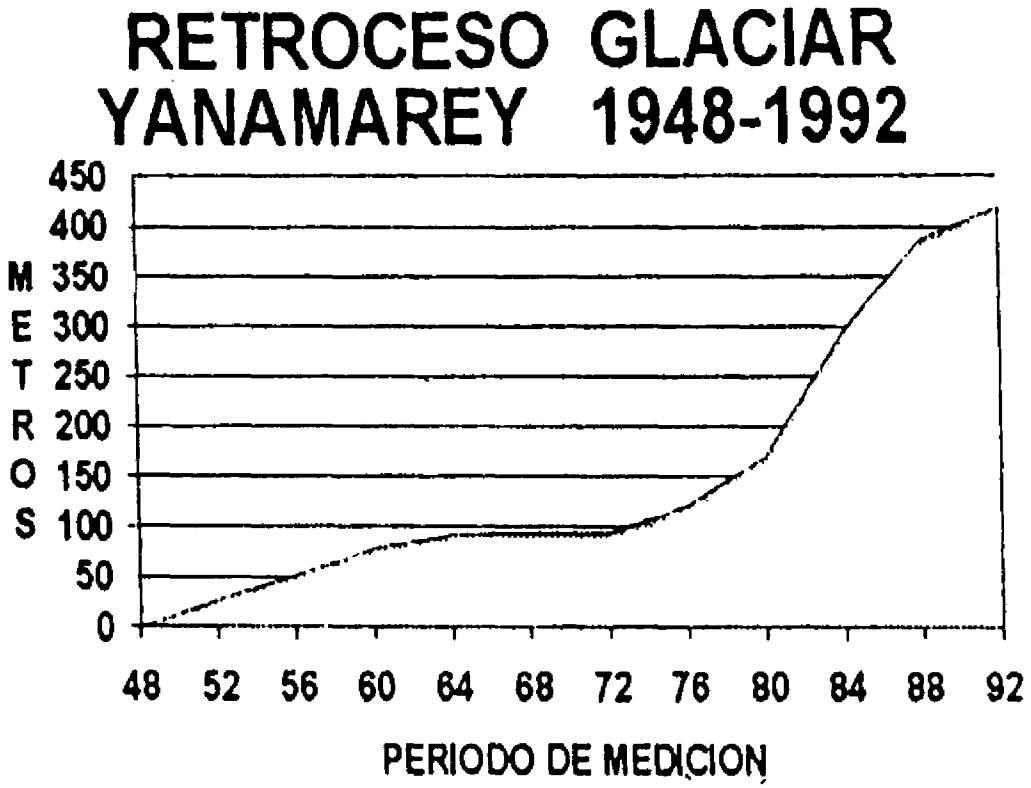
RETROCESO GLACIAR

El retroceso glaciar medido como un cambio (disminución), en la longitud de los glaciares ha sido registrado en varios glaciares de la Cordillera Blanca teniéndose los resultados en la Fig. 1.



Como se puede observar, el glaciar Broggi en forma acumulada desde 1948 hasta 1992 ha disminuido en su longitud aproximadamente 720 metros, así mismo el glaciar Uruashraju retrocedió alrededor de 420 metros en forma casi similar que Yanamarey; coincidentemente el glaciar Broggi se halla al norte de los segundos y por lo tanto en una latitud menor.

Es también importante observar en los siguientes cuadros que el retroceso glaciar o disminución en su longitud ha aumentado significativamente a partir de 1980, tal como se observa en la Figura 2.



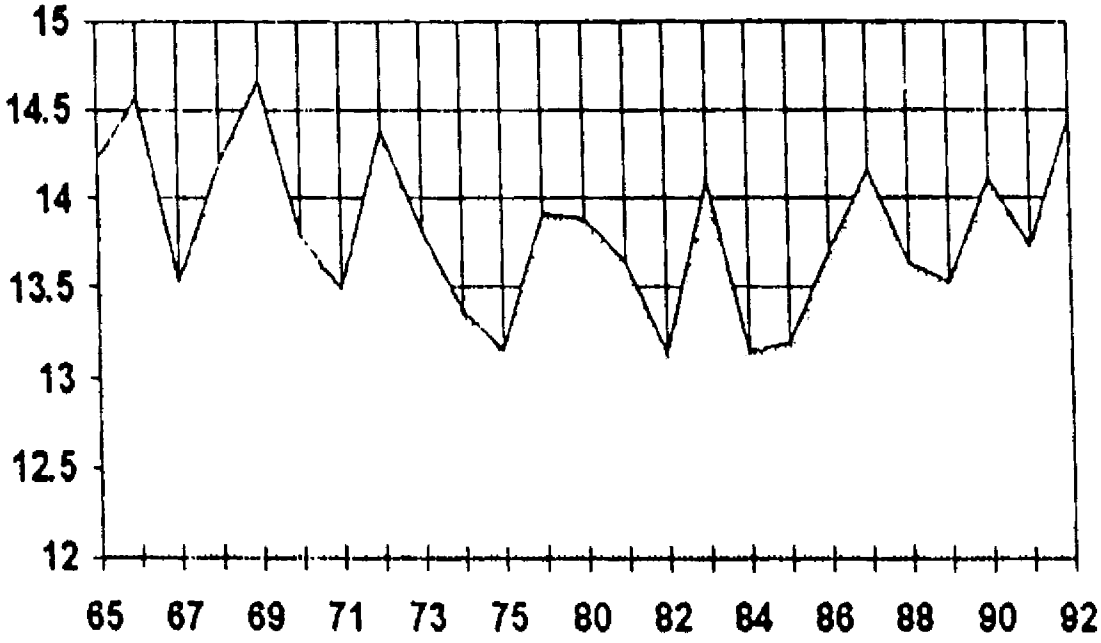
De igual manera podemos apreciar en la Fig. 3, que en los promedios de temperatura máxima durante el período 1965-1992, se ve que a partir de 1980 existe una tendencia de incremento de la temperatura.

Estas temperaturas han sido registradas en una estación cercana al glaciar Yanamarey, y tal como se observa en las Figuras 2, 3 y 4, existe una estrecha relación con la variación del retroceso glaciar, así como con las variaciones del balance de masas.

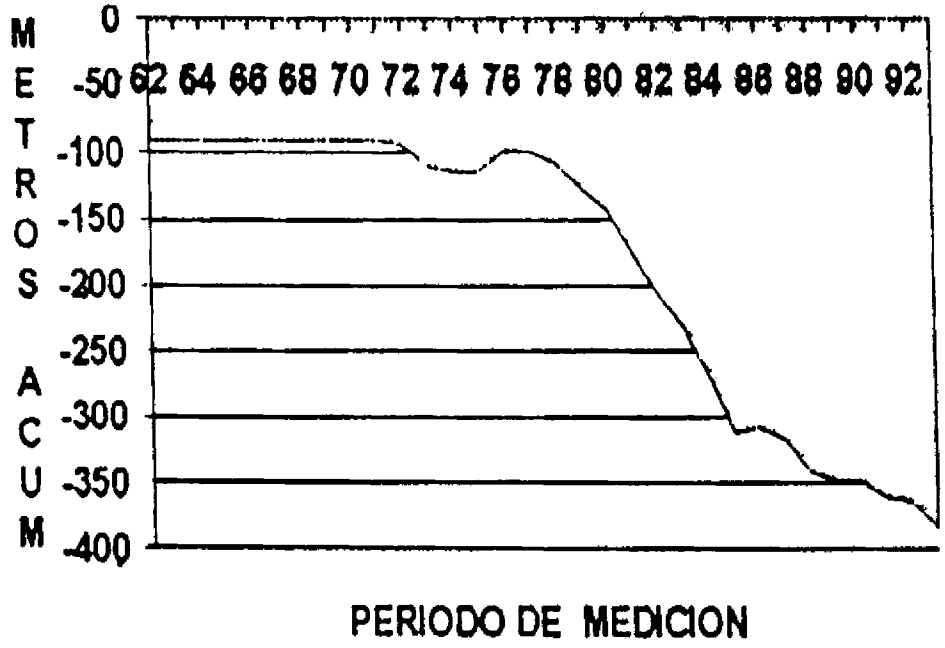
Toda esta información hidrometeorológica sirve de base para el planeamiento del aprovechamiento hídrico de recursos de tal manera que de la calidad y cantidad de la información se puede determinar la confiabilidad de los diseños y la construcción de los proyectos de aprovechamiento.

El cambio de los patrones del clima influirá grandemente en el desarrollo de las actividades que están íntimamente relacionadas con el agua.

TEMPERATURAS MAXIMAS PROMEDIO ANUALES DE QUEROCOCHA



BALANCE DE MASAS GLACIAR YANAMAREY 1962-1993



De igual manera, también, los balances de masas que son negativos desde hace varias décadas y sus mayores valores aumentan a mayor velocidad a partir de 1980.

PROCESOS DE ALUVIONAMIENTO

La mayor parte de los glaciares de la Cordillera Blanca se hallan ubicados detrás de morrenas muy grandes y el proceso de recesión registrado desde 1932, en que se inician las primeras mediciones y mapeo por la expedición austro-alemana dirigida por el Dr. Hans Kinzl, ha sido muy considerable. Como resultado de tal retroceso glaciar en principio se formaron pequeñas lagunas que luego fueron creciendo paulatinamente. Existen diferentes tipos de lagunas que se han formado en concordancia con la morfología del terreno o de la roca base. La clasificación que nos ha interesado ha sido fundamentalmente realizada desde el punto de vista de peligrosidad y de un posible aprovechamiento como reservorio.

En las cordilleras nevadas del Perú se han producido muchos fenómenos de aluvionamiento debido fundamentalmente a las siguientes causas:

- Por la caída de bloques de hielo o masa glaciar sobre las lagunas.

- Por el deslizamiento de los taludes interiores del vaso de la laguna.

- Por la caída de masas de roca sobre la laguna.

- Por la caída de una mezcla de glaciar y roca sobre las lagunas.

Históricamente se han registrado muchos aluviones entre los cuales podemos citar algunos:

REPORTES CONOCIDOS

1.	Inundación de la ciudad de Huaraz hasta varias varas de altura (Publicación en la Crónica por el Padre Beltrán)	04 marzo 1702
2.	Sismo ocasiona avalanchas de hielo y ruptura de lagunas que destruyen Huaraz. Desaparecen 1500 personay quedan solo 300 vivos.	06 enero 1725
3.	El pueblo de Ancash sufre un aluvión por una avalancha del nevado Huandoy que sepultan 1500 personas. Por dicho motivo en 1839 el Mariscal Agustín Gamarra pone el nombre de Ancash al departamento.	06 enero 1725

4.	Deslizamiento y aluvión en Monterrey-Huaraz	10 febrero 1869
5.	Aluvión en Macashca-Huaraz, procedente de la laguna Tambillo, mueren muchos pobladores.	24 junio 1883
6.	Ruptura de la laguna Solterococha (Cordillera Huaychuash), sobre Pacllón-Bolognesi.	14 marzo 1932
7.	Ruptura de la laguna Arteza, quebrada Buin Carhuaz-Ancash	20 enero 1938
8.	Ruptura laguna Magistral en Conchucos destruye 32 casas y 13 puentes.	1938
9.	Ruptura de la laguna Suerococha en el Alto Pativilca.	20 abril 1941
10.	Ruptura de las lagunas Palcacocha y Acoshcocha en la quebrada Cojup-Huaraz. Mueren 5,000 personas; ocurrió a las 6.45 a.m.	13 diciembre 1941
11.	Ruptura de las lagunas Ayhuiñaraju y Carhuacocha destruye pueblo y ruinas de Chavín.	17 enero 1945
12.	Ruptura de la laguna Jancarurish, destruyen instalaciones de la Hidroeléctrica Cañón del Pato, y del ferrocarril Chimbote-Huallanca	20 octubre 1950
13.	Desborde de la laguna Artesoncocha sobre laguna Parón. (Dos oportunidades).	16 julio 1951 28 octubre 1951
14.	Ruptura de la laguna Millhuacocha, quebrada Ishinca-Paltay-Huaraz.	06 noviembre 1952
15.	Aluvión proveniente del Huascarán norte destruyen localidad de Ranrahirca y 09 pueblos pequeños. Murieron 4,000 personas	10 enero 1962
16.	Avalancha del nevado San Juan sobre la laguna Tumarina-Huantar-Huari.	19 diciembre 1965

17. Avalancha de roca, hielo y aluvión proveniente del Huascarán Norte, sepulta la ciudad de Yungay, Ranrahirca, malogra la Central Hidroeléctrica Cañón del Pato y afecta poblaciones del valle medio e inferior del río Santa; destrucción de la línea férrea Chimbote-Huallanca, 23 muertos.

Ocurrió después de un sismo de intensidad 7.8 (Escala Richter), junto con el cual ocasionó 67,000 muertos, 150,000 heridos y 186,000 edificios destruidos; el área afectada fue de 180,000 kilómetros cuadrados. Se estima que el volumen que cayó de la cumbre norte del Huascarán fue de 50 millones de metros cúbicos de piedras, arena, tierra, roca y glaciar. La velocidad del alud fue de aproximadamente 160 km./hora.

La cima norte del Huascarán se halla a 6,663 metros sobre el nivel del mar y el valle de Yungay a 2,600 metros sobre el nivel del mar.

Se ha encontrado un bloque de roca en el valle que se presume pertenece al Huascarán y que tiene un peso de 15,000 toneladas, o sea un paralelípedo regular de aproximadamente 17 metros de lado. 31 mayo 1970

18. Aluvión de la quebrada Pacliash-Paltay; sin consecuencias fatales o graves. agosto 1982

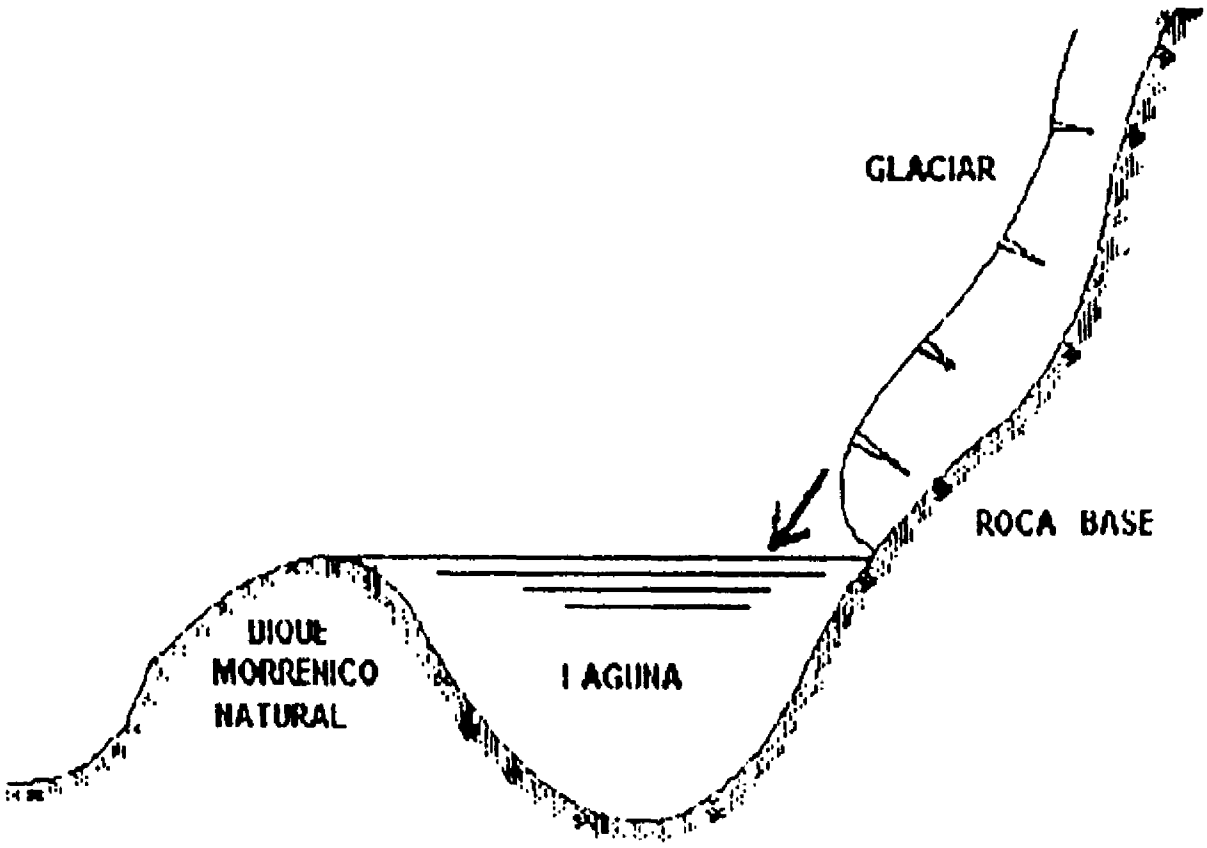
En todos los casos ha habido un factor común para la ocurrencia del fenómeno catastrófico y ese ha sido el volumen de agua contenida en la laguna: a mayor volumen el peligro es mayor.

Es por ese motivo que la tarea de mitigación del desastre, la disminución del poder destructivo de un fenómeno de aluvionamiento se ha orientado a la disminución de los volúmenes de las lagunas. Consiguientemente la solución del problema se ha concentrado en un aspecto netamente de ingeniería, por lo cual la metodología para la reducción de volúmenes o procesos de desague se ha realizado con los siguientes procedimientos:

- Por medio de cortes o tajos en los diques naturales

- Por medio de túneles para efectuar conexiones subacuáticas.
- Por medio de sifonamientos.

En la Figura Nº 5 se observa en forma esquemática el proceso de una avalancha o alud de glaciar sobre una laguna.



PELIGRO DE AVALANCHAS DE GLACIAR SOBRE UNA LAGUNA

PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

Tal como se ha mencionado líneas arriba, se han aplicado varios procedimientos para disminuir o eliminar el peligro procedente de las lagunas de origen glaciar. Comenzaremos mencionando los siguientes:

CORTES A TAJO ABIERTO EN EL DIQUE NATURAL

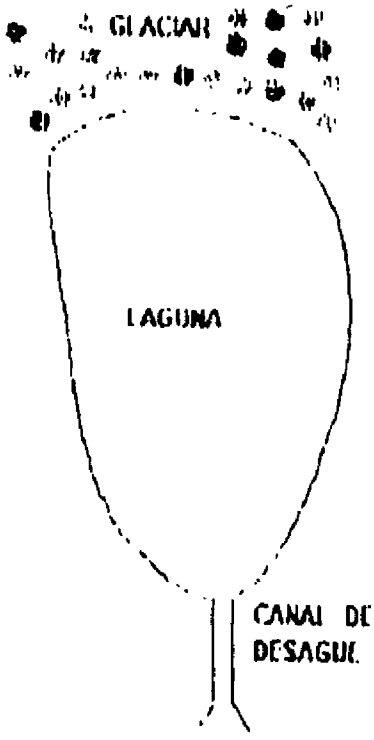
Este ha sido el procedimiento más antiguo empleado para desaguar parcialmente las lagunas. El método ha consistido en bajar el nivel de las aguas mediante un corte a tajo abierto en el dique natural, en una magnitud y caudal seguros para que no afecten la estabilidad ni las características físicas de la morrena y al mismo tiempo permitan un descenso continuo del nivel del espejo de las aguas.

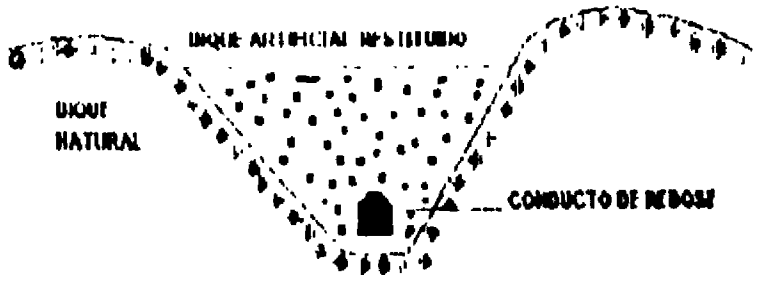
De esta forma se han efectuado descensos del nivel de las aguas desde 10 hasta 20 metros por debajo del nivel natural y en algunos casos hasta 25 metros.

En vista de que un canal abierto en esta forma no elimina totalmente el peligro, pues quedan pendientes los glaciares colgantes que pueden caer en cualquier momento, es que adicionalmente al desague en muchos casos ha sido necesario construir un conducto de rebose y luego restituir el dique para evitar un desague violento por efecto de las caídas de masas de glaciar que a su vez producen oleajes de gran altura. Estos diques artificiales nos permiten contrarrestar la acción destructora, erosiva de los oleajes.

En la Figura 6 se muestra esquemáticamente la forma en que se procede con los cortes en los diques naturales y luego la construcción de los conductos de rebose y restitución del dique artificial.

Este tipo de procedimiento se emplea en diques naturales morrénicos cuyo material constitutivo no debe ser deleznable a fin de que no exista el peligro de erosión regresiva. Se han presentado algunos casos en los que el dique natural no está suficientemente consolidado o posee mucha permeabilidad, no siendo por lo tanto seguro efectuar los desagues por el procedimiento de excavación. En esos casos es recomendable el procedimiento por el sistema de túneles subacuáticos.



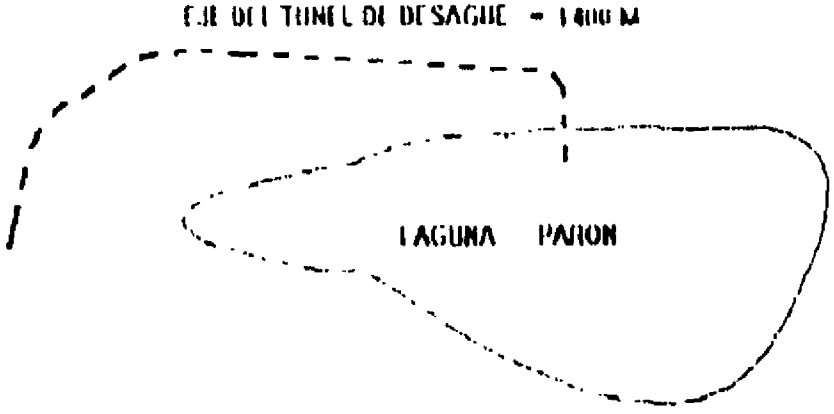


SISTEMA DE DESAGUE POR CORTE A TAJO ABIERTO

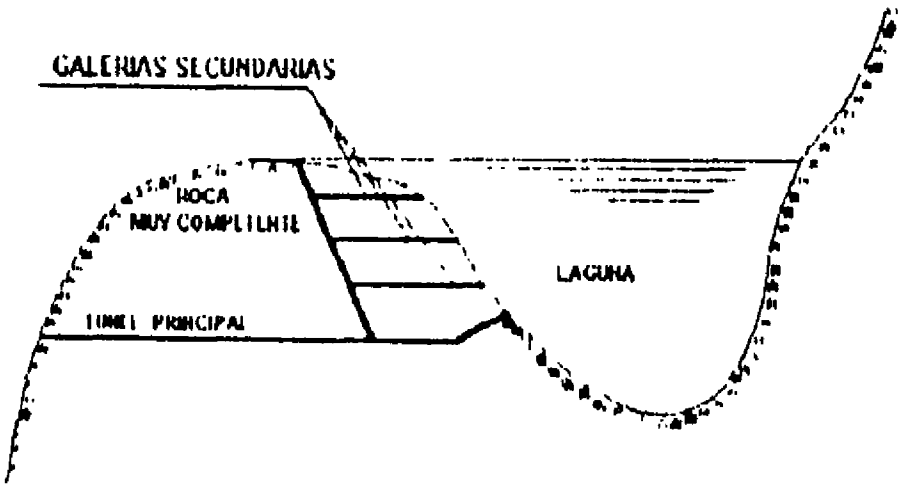
PROCEDIMIENTO POR MEDIO DE TUNELES SUB-ACUATICOS.

Tal como se ha descrito en el párrafo anterior, cuando las condiciones del dique natural no permiten efectuar excavaciones a cielo abierto y al mismo tiempo se tiene la posibilidad de encontrar una buena roca para la horadación de un túnel, se recomienda este procedimiento. Se han efectuado algunas obras con dicho procedimiento. La mayor de ellas se llevó a cabo en la Laguna Parón, la más grande de la Cordillera Blanca, con una longitud mayor de 2.9 Km., y un ancho mayor de 0.6 Km. una profundidad máxima de 67 metros, y con una capacidad máxima de 78 millones de metros cúbicos. En esta laguna se ha horadado un túnel de 1400 metros de longitud haciendo la conexión sub-acuática a 60 metros de profundidad. En el caso de la laguna Parón se ha combinado los conceptos de seguridad y aprovechamiento de tal manera que es posible obtener una regulación estacional de aproximadamente 50 millones de metros cúbicos.

En la parte superior de la Figura 7 se aprecia en un dibujo en planta la orientación que se dio al túnel, haciendo que el contacto túnel-laguna se efectúe en la zona más profunda. Luego de haber efectuado con éxito la conexión túnel laguna se procedió al desague del 80% de la laguna para verificar la estabilidad y comportamiento de los taludes naturales interiores del vaso de la laguna, y después de verificar sus buenas condiciones se instaló un sistema de regulación con dos compuertas, una de regulación y la otra de emergencia para poder manejar adecuadamente los volúmenes de la laguna dentro de los conceptos de seguridad y aprovechamiento.



DESAGUE DE LA LAGUNA PARON - ANCASH
CONEXION SUB-ACUATICA CON PERFORACIONES DIAMANTINAS



SISTEMA DE DESAGUE POR VARIAS GALERIAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES

Otro ejemplo de obra ejecutada exitosamente, es el desague de Laguna 513 en la Cordillera Blanca mediante la horación de varios túneles con el objeto de obtener un caudal seguro sin emplear elementos de regulación como válvulas o compuertas. Para la conexión del túnel con la laguna se perforaron con explosivos agujeros de 0.90 m. de diámetro, por medio de, cuatro disparos sub-acuáticos con una carga de agua de 5 metros en cada caso, con lo que se obtuvo caudales seguros que no erosionaron el cauce del río.

==========