

# **ESTIMACIÓN GROUTING PARA CONTROL DE INFILTRACIÓN**

## **SECTOR EL COLORADO**

**PROYECTO HIDROELECTRICO ALTO MAIPO  
FEBRERO 2018**

## CONTENIDO

1.	Descripción general.....	3
2.	Antecedentes .....	3
2.1.	Proyección geológica y/o estimación de caudales de agua de infiltración.....	3
2.2.	Precios unitarios.....	4
2.3.	Programa de trabajo o datos históricos de tasas de avance por túneles. ....	5
3.	Criterios para la estimación de las cantidades proyectadas de inyección:.....	5
4.	Estimación de las cantidades de inyección esperadas.....	5
4.1.	Inyecciones control de infiltraciones L1-TBM .....	5
4.2.	Inyecciones control de infiltraciones L1-D&B y VL2.....	6
4.3.	Inyecciones control de infiltraciones VA2-TBM .....	6
4.4.	Resumen de la estimación de inyecciones.....	7
5.	Anexos.....	8
5.1.	Anexo 1.....	8
5.2.	Anexo 2.....	9

## 1. Descripción general

El presente documento describe la metodología, antecedentes y criterios tomados como referencia para la estimación de las inyecciones de lechada para el control de agua de infiltración en el área El Colorado del PHAM y su respectivo costo.

## 2. Antecedentes

Esta sección muestra los antecedentes que se han utilizado para la estimación de las cantidades de material y costo unitario asociado a las inyecciones de control de agua de infiltración:

### 2.1. Proyección geológica y/o estimación de caudales de agua de infiltración

Últimas proyecciones geológicas de los tramos de túneles por excavar.

#### a) Túnel L1

La siguiente información es obtenida de la tabla 7 del reporte “Engineering Memo SAM-EM-0156”. Que se refiere a las proyecciones promedios de las tasas de infiltración esperadas para el túnel L1, tanto su para la sección excavada con TBM como la D&B. Los caudales son indicados en l/s.

Chainage [m]	0 — 500	500 — 2153	2153 — 2800	2800 — 3200	3200 — 5900	5900 — 6100	6100 — 7400	7400 — 7700	7700 — 11641	11641 — 12956
Sector	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q <sub>Goodman</sub>	15	166	26	120	65	12	34	72	140	60
Q <sub>mapped</sub>	10	994	Not exc.	Not exc.	Not exc.	Not exc.	Not exc.	Not exc.	Not exc.	55
Remarks	Excavated: Faulted area + contact zone		General rock mass	El Manzano river	General rock mass	Contact zone	General rock mass	Contact zone + surface	General rock mass + valley	Excavated

#### b) Túnel VL2

Para los efectos del túnel VL2, se considerará el promedio de aguas de infiltración de 72 lt/s que se muestra para el kilometraje 7+400 a 7+700 de la tabla anterior; esto, dado que el punto de conexión del VL2 con L1 se produce en el 7+800; esta sería una tasa conservadora considerando que el total de infiltración en el túnel VL4, de condiciones similares, fue de un promedio de 45.4 l/s.

#### c) Túnel VA2

La siguiente información es obtenida de la tabla 10 del reporte “Engineering Memo SAM-EM-0156”. Que se refiere a las proyecciones promedios de las tasas de infiltración esperadas para el túnel VA2-TBM. Los caudales son indicados en l/s.

Chainage [m]	0 – 4071	3300 – 5500	5500 – 8000	8000 – 10533
Sector	1	2	3	4
Q <sub>Heuer</sub>	0	1	3	1
Q <sub>Goodman</sub>	2	9	26	12
Q <sub>mapped</sub>	3	Not exc.	Not exc.	Not exc.
Comment	Excavated	Inflow prediction highly uncertain due to uncertain hydrogeological conditions/knowledge (deep tunnel with over 600 m overburden in avg. and more than 10 km not excavated), poor correlation of mapping and back calc for VA2, reasonable correlation for VA4 calcs.		

## 2.2. Precios unitarios

Los precios unitarios de las inyecciones realizadas de acuerdo con cada tipo de material, han sido obtenidos desde dos fuentes. La primera se refiere al contrato de construcción AM-CO630/620A para los valores unitarios de las inyecciones cementicias (cuyo extracto se adjunta en anexo X) y la segunda, respecto de las inyecciones químicas que son referidas a la carta AM-CO630/620A-01976 del 24 de agosto de 2017 (que se adjunta en anexo Y):

i. Información según contrato:

ITEM	DESCRIPTION	UP/ LS		Local Currency
				Unit Cost (UF/unit)
9.1.2.2.9	Cement grouting. Type A. Cement consumption	UP	kg	██████████
9.1.2.2.11	Cement grouting. Type C. Cement consumption	UP	kg	██████████

ii. Información según carta AM-CO630/620A-01976:

Chemical Grouting – Waterproofing Sealant			
Geofoam Price by Manufacturer	15% mark-up	Labor Rate	Total Unit Price
UF ██████ x kg	UF ██████ x kg	UF ██████	██████████ x kg

### **2.3. Programa de trabajo o datos históricos de tasas de avance por túneles.**

a) L1-TBM

La tasa de excavación con TBM en el túnel L1 ha sido altamente variable dependiendo del tipo o calidad de la roca y cantidad de agua de infiltración. El promedio histórico de los pasados 12 meses es del orden de los 2.5 m/día. Para los efectos de la proyección de excavación para los próximos 24 meses, se considera una tasa de excavación ligeramente superior, en la expectativa que las condiciones geológicas mejoren respecto de lo encontrado a la fecha y/o a causa del aumento de la eficiencia de los procesos constructivos a consecuencia de la experiencia operacional adquirida. De este modo, la tasa de excavación estimada para el túnel L1-TBM se considera de 3.2 m/día.

b) L1-D&B y VL2

En el caso del túnel L1-D&B y VL2 “Las Puertas”, que van en dirección del encuentro con el túnel L1-TBM, se ha considerado una tasa de avance proyectada de 4.2 m/día.

c) VA2-TBM

Para la excavación del túnel VA2-TBM se considera el promedio de las últimas 8 semanas que corresponde a 5.70 m/día.

Otros túneles del sector El Colorado del Proyecto, no se han incluido en la estimación, dado que poseen tasas de infiltración estimadas bajas o muy bajas y/o las longitudes remanentes de excavación deberían ser ejecutadas dentro del mediano plazo; y por tanto, salvo imprevistos geológicos, con baja influencia en el total de inyecciones esperadas para el control de infiltración.

### **3. Criterios para la estimación de las cantidades proyectadas de inyección:**

Siendo que el agua de infiltración se encuentra en estos momentos concentrada en el túnel L1 TBM y L1-D&B, se han tomado estos frentes como base representativa para la proyección de tasas de consumo de materiales de inyección para ambos sistemas de excavación. En tal sentido, la metodología presentada considera una proyección proporcional en función de las longitudes proyectadas para excavación y las estimaciones geológicas de agua de infiltración.

### **4. Estimación de las cantidades de inyección esperadas**

En función de lo ya descrito en las secciones anteriores, las estimaciones para los próximos 24 meses son las siguientes:

#### **4.1. Inyecciones control de infiltraciones L1-TBM**

De acuerdo con el kilometraje excavado al Pk 2.166 y la proyección de tasa de excavación para este túnel se estima que la excavación alcanzará en 24 meses el Pk 4.502:

Proyección consumo total de material inyecciones L1-TBM					Total
Kilometraje	2.166,00	2.800,00	3.200,00	4.502,00	
Longitud Base (m)	467,10	634,00	400,00	1.302,00	
Q-Goodman (l/s)	166,00	26,00	120,00	65,00	
Químico (kg/m)	410,76	64,34	296,93	160,84	
Cementicio (kg/m)	50,14	7,85	36,25	19,63	
Químico (kg)	NA	40.788,62	118.772,99	209.411,62	368.973,24
Cementicio (kg)	NA	4.978,96	14.498,31	25.562,34	45.039,61

#### 4.2. Inyecciones control de infiltraciones L1-D&B y VL2

En función de los rendimientos de excavación, la proyección de avance y estimaciones de inyecciones para el control de infiltración se muestran en la siguiente tabla:

Proyección consumo total de material inyecciones L1-D&B y VL2			Total
Túnel	L1-D&B	VL2	
Longitud (m)	3.066,00	1.500,00	
Químico (kg/m)	8,50	8,50	
Cementicio (kg/m)	300,70	300,70	
Químico (kg)	26.061,00	12.750,00	38.811,00
Cementicio (kg)	921.946,20	451.050,00	1.372.996,20

#### 4.3. Inyecciones control de infiltraciones VA2-TBM

De acuerdo con el kilometraje excavado al Pk 4.071 y la proyección de tasa de excavación para este túnel se estima que la excavación alcanzará en 24 meses el Pk 8.232:

Proyección consumo total de material inyecciones VA2-TBM				Total
Kilometraje	4.071,00	5.500,00	8.232,00	
Longitud Base (m)	467,10	1.429,00	2.732,00	
Q-Goodman (l/s)	166,00	9,00	26,00	
Químico (kg/m)	410,76	22,27	64,34	
Cementicio (kg/m)	50,14	2,72	7,85	
Químico (kg)		14.119,14	25.734,15	39.853,29
Cementicio (kg)		1.723,49	3.141,30	4.864,79


#### 4.4. Resumen de la estimación de inyecciones

El factor de cambio (44,62) se ha determinado con las tasas vigentes al 4 de febrero de 2018.

Estimación de Cantidades y Costo de Inyecciones de Control de Infiltración Esperadas Próximos 24 meses								
Material	Precio Unitario (UF/kg)	L1 (kg)	L1 D&B VL2 (kg)	VA2 (kg)	kg	UF	Factor Cambio Monetario	USD
Químico	██████	368.973,24	38.811,00	39.853,29	447.637,52	██████	██████	████████████████████
Cemento	██████	45.039,61	1.372.996,20	4.864,79	1.422.900,60	██████	██████	
Total Esperado USD								

## 5. Anexos.

### 5.1.Anexo 1.



ALTO MAIPO HYDROELECTRICAL PROJECT

TUNNEL COMPLEX CONSTRUCTION CONTRACT

AM-CO630/620A

STRABAG

ITE

JAGER & JAGER

BILL OF QUANTITIES

AM-CO630 - SECTION 9: UNDERGROUND WORKS - ROCK SUPPORT / OPTIONAL WORKS

UNIT PRICE (UP) / LUMP SUM (LS)

ITEM	DESCRIPTION	Article BMP	UP/LS	UNIT	QTY.	Equivalent Time		Local Currency		Foreign Currency	
						Unit Time (hr/unit)	Total Time (hr)	Unit Cost (UF/unit)	Total Cost (UF)	Unit Cost (USD/unit)	Total Cost (USD)
9.1.2.2.2	Percussion drilling, diameter minimum 45 mm. Depth 0 - 30 m. Behind the face	3.1	UP	m	1.440,00	-	-				
9.1.2.2.3	Water pressure testing. Packer settings. Testing with single packer. Depth 0-5 m. At the face	3.1	UP	each	160,00	0,250	40,00				
9.1.2.2.4	Water pressure testing. Packer settings. Testing with single packer. Depth 0-5 m. Behind the face	3.1	UP	each	40,00	-	-				
9.1.2.2.5	Flushing between holes. At the face	3.1	UP	each	56,00	-	-				
9.1.2.2.6	Flushing between holes. Behind the face	3.1	UP	each	16,00	-	-				
9.1.2.2.7	Grouting. Packer settings. Depth 0-5 m. At the face	3.1	UP	each	360,00	-	-				
9.1.2.2.8	Grouting. Packer settings. Depth 0-5 m. Behind the face	3.1	UP	each	80,00	-	-				
9.1.2.2.9	Cement grouting. Type A. Cement consumption	3.1	UP	kg	160.000,00	-	-				
9.1.2.2.10	Cement grouting. Type B. Cement consumption	3.1	UP	kg	80.000,00	-	-				
9.1.2.2.11	Cement grouting. Type C. Cement consumption	3.1	UP	kg	16.000,00	-	-				



## 5.2.Anexo 2.

### ALTO MAIPO SpA

Avda. Alberto Hurtado #532  
Piso 19, Las Condes Santiago, Chile.  
(56-2) 2686 8900  
www.altomaipo.com

AM-CO630/620A-01976

Santiago, August 24<sup>th</sup>, 2017

**To:** Strabag SpA  
Los Militares 5001, Oficina 903, Las Condes  
Santiago  
Chile

**Subject** : Grouting with Geofoam  
**Owner Ref. N°** : N/A  
**Contractor Ref. N°** : PHAM-CAR-1113 – PHAM-CAR-2163 – PHAM-CAR-2178  
**Reply Required** : Yes  
**Attention** : Hans Andersson – Project Manager  
Philipp Rainer – Commercial Project Manager

Dear Sirs,

Owner has analyzed the use of Geofoam by Contractor, specifically and mainly in Tunnel L1, finding out that the installation of this product has been classified with many different names, such as: "Consolidation Grouting, Chemical Consumption", or "Chemical -Pre and Post- Grouting" or "Injection for Consolidation with expansive foam", or "Foam Injection in the Overbreak". None of the items previously listed can be assimilated to an existing line item in the Bill of Quantities. Based on these circumstances, Owner concludes that it is necessary to include a new line item in the Bill of Quantities to regularize this contractual error/omission, as soon as possible.

Notwithstanding, instead of applying a similar item price, as allowed in Sections 6.9 of the Contract; and due to the fact that the unit item is not of a type or character substantially similar to any existing Unit Item, Owner considers that by including this new Item in the BoQ, it will allow Contractor to invoice the approved installed quantities and to Owner to process payment of the same.

As per Section 11.1.2 of the Contract, Owner requires to adjust a Unit Item of Work. In order to comply with the Contract terms, Owner will issue a Change Order to Contractor in order to include the non-existing line item and its Unit Price in the Bill of Quantities and a Section to be included in the Basis of Measurement and Payment of the Contract, all of which will be submitted to Contractor for review and agreement in due course.

In the Commercial Meeting held on August 22<sup>nd</sup>, 2017, Owner presented the concepts considered to revise this item, and it was agreed to submit a formal proposal by the 25<sup>th</sup> of August, therefore, please find below a detailed breakdown of the proposed price to be applied for the installation of Geofoam grouting.

The use of Geofoam must be primarily intended to be installed as a waterproof sealant, and any other use must be justified and previously authorized by Owner.

According to Owner's best estimate, the following proposal is a fair price, based in the Contract terms and some existing rates in the Contract that can be applied to this item for similar work scope:

Página 1 de 2  
AM-CO630/620A-01871

### ALTO MAIPO SpA

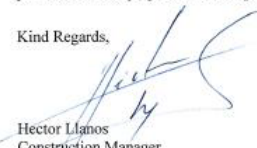
Avda. Alberto Hurtado #532  
Piso 19, Las Condes Santiago, Chile.  
(56-2) 2686 8900  
www.altomaipo.com

Existing Items			
9.1.2.2.14			
Consolidation Grouting	Cement Price	Labor Rate	
Dry Weight Consumption			x Kg
New Item			
Chemical Grouting – Waterproofing Sealant			
Geofoam Price by Manufacturer	15% mark-up	Labor Rate	Total Unit Price

Owner has taken the rate that applies for consolidation grouting as a reference, and considers the material price as indicated by the manufacturer's distributor (Minova) in Santiago (\$5.000 per Kg.), plus a 15% mark up. The labor and equipment rates are assumed to be the difference between the material price (Polpaico cement bag, published rate per Kg.), and the rate already established in the contract for the application of the consolidation grouting (Item 9.1.2.2.14). The values considered for conversion are UF 1 = \$26.581 and US\$ 1.00 = 646.43.

Please provide your concurrence with above proposed path forward within the next coming week to proceed with the preparation of the proper Change Order documentation.

Kind Regards,

  
Hector Llanos  
Construction Manager  
Contract No. AM-CO630-620A  
Alto Maipo SpA

Página 2 de 2  
AM-CO630/620A-01871