

## Opinion of Joe Roby

June 12, 2017

### Executive Summary

1. My name is Joe Roby. I am an engineer with over thirty years' experience within the tunneling industry, and specifically with regard to the manufacture, assembly, commissioning, and operation of tunnel boring machines ("TBMs"). I worked for The Robbins Company ("Robbins"), the manufacturer of the TBMs selected and specified by Constructora Nuevo Maipo SA ("CNM"), the Contractor, for twenty-seven years. I have seen open, hard rock TBMs in applications all over the world, including the Andes, and in terrain like that encountered by the Contractor up until 4 May 2017, when it quit operating the TBMs.

2. A TBM is a machine used to excavate underground tunnels with a circular cross section through a variety of hard rock conditions. TBMs provide an alternative to the drilling and blasting method of tunneling through hard rock, in which high explosives are used to blast through underground rock. TBMs are generally safer and more efficient than drilling and blasting through rock, because they do not cause as much disturbance to surrounding rock. The major disadvantage of TBMs is the large capital investment required – they are expensive machines.

3. The Alto Maipo Hydroelectric Power Project (the "Project") has purchased two TBMs manufactured by Robbins to bore through underground rock, one of which has been used on the Project since 2015. Robbins is an industry leader with more than 60 years' experience in designing and manufacturing safe TBMs. Alto Maipo paid for both machines, one in the original contract price for CNM's work and the other in a specific change order last August, 2016, in which Alto Maipo agreed to buy a second TBM to be built in accordance with CNM's specifications.

4. CNM's alleged concerns about the safety of the TBMs have no grounds, and the two consultant reports submitted by CNM about the safety of the Robbins TBMs are not credible. Robbins TBM designs have been safely operated on hundreds of projects for more than six decades all over the world. On this Project, CNM has operated one of the Robbins TBMs for more than a year without any serious accidents or injuries. The two TBMs for the Project are equipped with guards and other special rock support devices that make them safe for tunnel excavation in the conditions encountered at the Project site. It is a basic of construction contracting, however, that the TBMs must be operated within strict guidelines that assure worker safety.

5. In my opinion, the TBMs could have been operated safely and efficiently to perform tunnel excavation work on the Project, including at the time CNM abandoned the TBM work on 04 May 2017. It is also my understanding from discussions with CNM personnel that CNM refused to continue operating the TBMs because CNM was concerned about losing money, not because CNM was concerned about safety.

6. CNM refused to operate the TBMs, discuss mitigation plans, or provide a plan for tunneling in VA4 and V5 in a way that it believed was safe. CNM has now been removed from the Project. The replacement contractor will be able to use the existing Robbins TBMs safely to continue excavation as is the plan, and as was the plan while CNM was on site.

#### Statement of Qualifications

7. I am a mechanical engineer with thirty years of experience in the design, manufacture, and application of hard rock and earth pressure balance TBMs. TBMs are used to excavate tunnels using a circular cross section. Hard rock, open, gripper TBMs generally consist of a rotating cutting wheel (called a cutterhead), followed by a main beam, a gripper-thrust system, and trailing support mechanisms, including conveying systems for removal of the muck excavated by the TBM.

8. I was employed for nearly twenty-seven years by The Robbins Company, primarily based out of Seattle, Washington. Robbins is a world renowned manufacturer of tunnel boring machines of every type: hard rock open machines, double shields, single shield rock machines, earth pressure balance machines ("EPBMs"), and slurry shields. Over the course of my career at Robbins I worked in and/or managed nearly every aspect of the business. I started my career as a stress analyst specializing in finite element analysis methods. I worked in the cutter department and was part of the design team that created the high performance 19-inch cutter which is widely used today. I was assigned the responsibility in the cutter department for documenting the creation and evolution of the math, logic, and assumptions underlying Robbins' TBM performance and cutter cost estimating program. I spent nearly three years in the Robbins Engineering and Management program during which time I worked in every department of the company. Early in my career I was often the sole engineer assigned by Robbins to work on-site

supporting our customers and responsible for handling urgent repairs and redesign work on site.

9. I've spent long periods of time on job sites around the world, managing the assembly and commissioning of newly delivered machines as well as resolving technical and/or performance issues to the satisfaction of Robbins' customers, tunnel construction contractors. I worked in the service department for some time, providing technical support to Robbins global service personnel and managing long term personnel supply contracts. For several years I was the general manager of the separate legal entity, Robbins Equipment Company, which specialized in the rebuilding of customer machines as well as the purchase, repair, modification, and resale of used Robbins TBMs.

10. For nearly twenty years I was a vice president at The Robbins Company, and through that time I managed virtually every division of the company including engineering, field service, sales, marketing, and operations. For 16 years I managed the entire Seattle, Washington office, which included the largest and most highly educated engineering department in the company, as well as the consumables business (spares and cutters), the marketing department, the documentation department, and sales and service personnel.

11. For five years I was Vice President of Operations with over 200 personnel reporting to me, manufacturing over \$300 million USD per year of TBMs and accessories. In addition to designing machine components in my early years in the company, I have sat on hundreds of design review meetings and was also responsible for Robbins' new product and R&D programs in the final few years of my career there. I

have analyzed the cause of failures and managed the repair and/or modification of literally scores of tunneling machines in my long career.

12. I have published more than twenty-five technical papers on subjects as diverse as:

- a. Coping with difficult ground and 2000 meters of cover in Peru.
- b. How to select the correct TBM for the geology.
- c. An engineered approach to TBM modification and refurbishment.
- d. Development of large diameter, high capacity disc cutters for rock.

13. I left Robbins in mid-2014 to start an independent consulting company working for tunnel project owners, civil engineering consultants, contractors, mines, and others. For owners, I often advise on the suitability of contractor-selected TBMs or write TBM technical specifications for tender documents, as well as review the selected TBM design, manufacture, operation, and maintenance practices. For contractors, I assist with estimating costs for TBM purchase, transportation, assembly, and operations, and I advise on the most-suitable TBM for the planned work. I assist with TBM startup, maintenance, and performance improvement on the job.

14. I have been involved in over 100 tunneling projects, including projects in South America and through mountains. I have consulted or worked on hydroelectric, highway, rail, sewer, undersea, and other tunnel projects involving TBM operations. Over my long career at Robbins, Robbins manufactured and delivered over 200 new machines, not even counting those machines it refurbished and delivered for reuse. I was involved personally in at least one-third of these projects.

15. I am familiar with the Project. Since January 2017 I have been under contract to Alto Maipo SpA to provide continued review and suggestions with regard to the contractors' TBM operations.

16. I have visited the Project Site, including the tunneling operations, on at least a half-dozen occasions, starting in December 2016. I personally inspected the TBMs being assembled and commissioned in VA4 and V5 in my multiple visits to the Project Site in 2017.

**Background regarding CNM's TBMs and response to CNM's consultants**

17. Robbins manufactured and modified two TBMs purchased by CNM for use on the Project. The first Robbins TBM, a newly manufactured TBM, operated in the V5 portal before it was moved to the VA4 portal ("TBM1"). The second Robbins TBM, a refurbished TBM, was purchased in 2016 and was being assembled outside the V5 portal ("TBM2") when CNM declared it would no longer operate the TBMs.

18. These TBMs are equipped with the McNally slat system (as well as alternate long and short finger shields), roof bolting rock drills, a ring beam / arch erector, probe/spiling drills, grouting capabilities, and a number of other systems to make them safe for continued tunnel excavation in the geology encountered in the Alto Maipo tunnels. Both TBMs, once compliant with the Contract, are equipped to continue boring without any safety issues beyond the normal risks inherent in all tunneling construction.

19. Prior to my involvement on the Project, CNM operated TBM1 in portal V5 for almost a year (from 14 June 2015 to 07 May 2016), excavating a total of 783.7 meters of tunnel.

20. In 2015, CNM encountered a situation where rock fell out of the roof of the tunnel as a result of CNM's failure to implement its own procedures and designs for safety tunneling. I have reviewed photographs from this rock fall incident, and spoken with Robbins personnel and Alto Maipo personnel to understand what happened. No significant injuries occurred, as the TBMs are designed with shields, extended metal fingers, and other protections and rock support devices to protect the workers.

21. CNM continued to operate TBM1 for almost a year following the 2015 rock fall event, until early May 2016. In late May 2016, CNM signed Change Order No. 9, under which CNM chose and specified TBM (TBM2), which it requested Owner purchase, and CNM then modified the existing TBM1 according to its own specifications, making both machines very similar.

22. Following CNM's last operation of TBM1 in V5 in 2016, virtually nothing has changed, except that CNM made modifications to TBM1 to improve efficiency, and moved the modified TBM1 to VA4, which has better geology than where it was previously being used in V5.

23. CNM did not have TBM1 ready to operate at the VA4 portal until April 2017. Shortly thereafter, CNM stopped operating TBM1 on 04 May 2017, and informed Alto Maipo that it was stopping due to an alleged safety issue with the continued operation of the TBMs. I was on site at the time. At the request of Alto Maipo, I reviewed the situation and determined that there was no safety issue presented at the work point alleged by CNM. I therefore attempted to meet with CNM representatives the next morning to understand their concerns. However, CNM provided no explanation at this meeting, and did not provide information or documentation regarding its alleged safety

concern at that time. CNM personnel in the meeting simply stated that the letter from CNM alleging unsafe conditions was issued by CNM management without consultation with the CNM construction department.

24. I have since reviewed the reports and correspondence from CNM regarding alleged unsafe conditions at the VA4 and V5 portals, and participated in discussions with CNM's consultants on two occasions. I disagree with CNM's consultants' reports and their conclusions regarding alleged unsafe conditions, and have generally concluded they lack credibility. Dr. Rehm's report essentially questions the safety of all open face TBMs in general, which are regularly used in tunnel operations around the world. Dr. Rehm's report does not consider the features of the TBMs or CNM's design and operational protocols that make the open face TBM tunnel boring method safe.

25. I have inspected the TBM1 in the VA4 portal following its modifications. It is suitable for proceeding with safe operation. I have also reviewed the specifications (and parts delivered) for the refurbished TBM2 to go in portal V5. Once completed, it will likewise be suitable for proceeding with safe operation.

26. Attached at Exhibit 1 is an article entitled "Rock TBMs Compared in the Andes" from the February/March 2017 issue of North American Tunneling Journal written by employees of Robbins, the manufacturer of the TBMs. This article was drafted by Desiree Willis (Robbins Technical Writer) and Carlos Lang Ferrer, the latter of whom is Robbins' Regional Manager in Brazil and Chile. It confirms that Robbins believes the TBMs are appropriately configured for safe operation on the Project.

27. This article confirms that the TBMs are specifically designed for work in the high cover areas of the Andes Mountains in Chile, and that the manufacturer considers the TBMs safe for continued operation. In particular, Robbins notes at one point that the "McNally System (specially designed for rock bursting conditions) combined with light arches" solved a problem encountered relating to unstable blocks and loose material.

28. Importantly, this article also notes "As such, both shielded and open-type machines are capable of performing well in fractured rock. In both cases common methods, including continuous probe drilling and grouting, can inform operators of conditions ahead of the TBM in order to make adjustments accordingly, grout off water, etc. And in both cases well-trained operators and a team with agreed-upon protocols for bad ground conditions is key to success." The reference to "open-type" TBMs is a direct reference to the kind of TBMs employed on the Project. I agree with Robbins' statement in these quoted sentences regarding the safety of the TBMs and the importance of well-trained operators.

29. The authors of this paper included some assertions with which I would disagree regarding the conditions encountered. However, I agree with their conclusion that the TBMs as modified are suitable for continued safe excavation on the Project.

30. On 1 June 2017, the online magazine, Tunnel Talk, published an article entitled "Keep your TBM moving against the odds," written by Lok Home (President) and Desiree Willis (Technical Writer) for Robbins. (Exhibit 2) The article can be found on the internet at the following address: <https://www.tunneltalk.com/TunnelTECH-Jun2017-TBM-operations-in-difficult-ground.php>.



31. This article states, "Once the risks have been assessed, they can be mitigated, with a properly designed machine equipped with technology that can tackle fault zones, water inflows, squeezing ground, or whatever the predetermined risks may be." (Exhibit 2) I agree with this statement, and it is my opinion that the TBMs on the Project are properly designed and equipped with technology that can handle the geology in the VA4 and V5 portals.

32. The article also states that all three types of TBMs, whether open, standard shielded, or a shielded TBM capable of holding pressure, can successfully bore in difficult ground. (Exhibit 2) I agree with this statement.

33. The article further states, "In even the most extreme ground conditions, main beam TBMs (also known as open-type machines) can be efficient and safe. Features such as open access behind the cutterhead for ground support and consolidation, unrestricted probe drilling, and the absence of a shield are all-important attributes of open machines in extreme conditions." (Exhibit 2) I agree with this statement.

34. The article goes on to state that open-type machines may be *better suited* for "ground exhibiting squeezing-convergence and rock bursting," as they are less likely to become trapped or stuck. I agree with this statement, which is contrary to Dr. Rehm's opinion on open-type machines, who focuses on the squeezing ground conditions encountered on the Project as a safety risk to the TBM operators. Dr. Rehm appears to ignore the generally accepted fact in the industry that

"... [Open-type machines] can utilize the McNally Support System, which can, in essence, be made to function like a shield. In swelling or slacking ground main beam TBMs also allow for immediate ground treatment behind or over the top of the cutterhead. Open-type machines are capable of operating in ground with occasional to continuous water inflow, as long as mitigation

strategies, such as combining injection grouting to stem flows, and sufficient pumps to remove the water, are employed.”

(Exhibit 2)

35. I also agree with the authors of the article, who state, “With modern-type open-type TBMs, ground support such as the McNally roof support system allows support to be extruded from the machine as it advances. This is a very safe option in these conditions.” (Exhibit 2)

36. Robbins also published a paper entitled “High Cover TBM Tunneling in the Andes Mountains – A Comparative Study of Two Challenging Projects in Chile” for presentation at the Rapid Excavation and Tunneling Conference in San Diego, California, on 5 June 2017. (Exhibit 3) This paper was authored by Robbins’ employees Carlos Lang, Mark Belli, and Pablo Salazar, and discusses in detail the TBMs utilized on the Project. It confirms that the TBMs as configured are appropriate for safe use on the Project. Importantly, it again states: “well-trained operators and a team with agreed-upon protocols for bad ground conditions is key to project success.”

37. I have reviewed the (English language) reports submitted by Dr. DB Powell and Dr. Rehm alleging unsafe conditions at the VA4 and V5 portals. I disagree with the conclusions regarding alleged unsafe conditions stated in these reports. Dr. Powell and Dr. Rehm did not review all contractual or other information available to CNM regarding the geology at the tunnel sites, and based their opinions on incomplete information regarding the geology, the TBMs, and the Contract. Dr. Powell and Dr. Rehm only spent limited time at the site, and reviewed limited documentation. I, on the other hand, have consulted on this Project for over seven months, and have been to the

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials 'CM' or a similar stylized mark.

excavation sites at least a half dozen times, sometimes for weeks at a time. In my opinion, the VA4 and V5 portals are safe for TBM excavation.

38. From my review of the Dr. Rehm and Dr. Powell reports, it appears that these consultants based their opinions on geological information that was already available to CNM when it developed the specifications for TBM2 and made modifications to TBM1. It makes no sense to me that CNM would have considered the TBMs safe for operation based on the known conditions in 2016, after a year of using TBM1, and then, after boring approximately 7 meters in 2017, CNM would rely on a consultant to say that these conditions were not safe for TBM excavation. CNM's real concern is with cost, as was confirmed in discussions with Dr. Rehm in May 2017, when he frequently stated that his concern was with productivity.

39. Most of the assertions made by Dr. Rehm regarding the safety (or lack thereof) of the open gripper TBMs are risks that are inherent in all underground work. He complains, at page 9, that there are "constant loud and unpleasant vibrations." This is inherent in hard rock TBM operation. Similarly, he claims at page 9 that high vibrations can damage TBM components like motors, pinions, clutches, gear boxes, and bearings. But, TBMs are designed to withstand these vibrations, and such vibrations are not a safety issue.

40. On page 11 of Dr. Rehm's (English) report, Dr. Rehm claims that the small TBM size (4.13m diameter) makes rock support installation difficult. However, Dr. Rehm apparently did not read the Contract, which only specified the minimum tunnel diameter. Under the Contract, CNM was free to use a larger diameter TBM if it wished. Also, there are a number of benefits to a smaller diameter TBM, including better natural

A handwritten signature in dark ink, appearing to be the initials 'CM' followed by a stylized flourish.

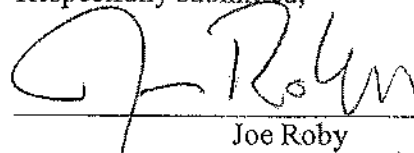
support due to the smaller open span, and smaller, lighter ground support required for installation.

41. I attended a meeting between Alto Maipo and CNM on 11 May 2017. The objective of the meeting was for Dr. Rehm and Dr. Powell to explain their opinions in more detail so Alto Maipo would better understand CNM's contentions. At the time of this meeting, all we had were executive summaries of Dr. Rehm's and Dr. Powell's opinions. There were no conclusions from the meeting, and I did not hear anything that changed my opinion that the tunneling conditions were known to CNM, and the work could be executed safely using the TBMs.

42. I participated in a second meeting of the parties on 29 May 2017. I received the reports from CNM's consultants a few days before the meeting. As I understood it, Alto Maipo's objective for the meeting was to hear the proposal from CNM to continue with the tunnels. However, CNM did not offer any proposal to continue the work. Dr. Rehm again made broad statements about open, hard rock TBMs, but had no specific reference to the actual TBM in use by CNM at the time or to the actual conditions of the tunnel at that point, which were good.

43. After meeting with Dr. Rehm and Dr. Powell, and reviewing their reports, my opinion has not changed. I continue to believe that the TBMs are safe and appropriate for tunnel boring in the VA4 and V5 portals.

Respectfully submitted,

  
Joe Roby

13 JUNE 2017

## **Opinión de Joe Roby**

**12 de junio de 2017**

### **Resumen Ejecutivo**

1. Mi nombre es Joe Roby. Soy un ingeniero con más de treinta años de experiencia en la industria de túneles, y específicamente, en la fabricación, montaje, puesta en marcha y operación de máquinas tuneladoras ("TBMs", por la sigla en inglés de *tunnel boring machines*). Trabajé para The Robbins Company ("Robbins"), el fabricante de las TBMs seleccionadas y especificadas por Constructora Nuevo Maipo SA ("CNM"), el Contratista, durante veintisiete años. Las he visto en aplicaciones en todo el mundo, incluyendo en la Cordillera de los Andes, y en terrenos como el que encontró el Contratista hasta el 4 de mayo de 2017, cuando dejó de operar las TBMs.

2. Una TBM es una máquina usada para excavar túneles subterráneos con una sección transversal circular a través de una variedad de condiciones de roca dura. Las TBMs proporcionan una alternativa al método de perforación y explosión de túneles a través de roca dura, en el que se utilizan explosivos de alto poder para atravesar rocas subterráneas. Por lo general, las TBMs son más seguras y eficientes que la perforación y explosión de roca, ya que no causan tanta perturbación a la roca contigua. La principal desventaja de las TBMs es la gran inversión de capital requerida - son máquinas costosas.

3. El Proyecto de Energía Hidroeléctrica Alto Maipo (el "Proyecto") ha comprado y ha utilizado dos TBMs fabricadas por Robbins para perforar a través de roca subterránea. Robbins es un líder de la industria en el diseño y fabricación de TBMs seguras. Alto Maipo pagó ambas máquinas, una en el precio original del contrato por el trabajo de CNM y la otra en una orden de cambio específica en agosto de 2016, en la cual Alto Maipo acordó comprar una segunda TBM para ser construida de acuerdo con las especificaciones de CNM.

4. Las presuntas preocupaciones de CNM sobre la seguridad de las TBMs no tienen fundamento, y los dos informes de los asesores presentados por CNM sobre la seguridad de las TBM Robbins no son creíbles. Los diseños de TBM Robbins se han operado de forma segura en cientos de proyectos durante más de cinco décadas en todo el mundo. En este Proyecto, CNM ha operado las TBMs Robbins por más de un año sin accidentes o lesiones serias. Las dos TBMs utilizadas en el Proyecto están equipadas con protectores y otros dispositivos especiales que las hacen seguras para la excavación de túneles en las condiciones encontradas en el sitio del Proyecto. Sin embargo, es un requisito básico de la contratación de la construcción el que las TBMs deben operar dentro de las estrictas directrices que aseguran la seguridad de los trabajadores.

5. En mi opinión, las TBMs podrían haber sido operadas de manera segura y eficiente para realizar trabajos de excavación de túneles en el Proyecto, incluyendo el momento en que CNM abandonó el trabajo de TBM el 4 de mayo de 2017. También entiendo, a partir de discusiones con el personal de CNM, que CNM se negó a continuar operando las TBMs porque CNM estaba preocupada por perder dinero, no porque CNM estuviera preocupada por la seguridad.

6. CNM se rehusó a operar las TBMs, discutir planes de mitigación, o entregar un plan de tunelado en VA4 y V5 en una forma que estimara segura. CNM ha sido ahora removida del Proyecto. El contratista de reemplazo será capaz de usar las TBMs Robbins existentes de manera segura para continuar la excavación como es el plan, y como era el plan mientras CNM estaba en el sitio.

### **Declaración de Cualificaciones**

7. Soy un ingeniero mecánico con treinta años de experiencia en el diseño, fabricación y aplicación de TBMs de roca dura y de balance de presión de tierra. Las TBMs se utilizan para excavar túneles utilizando una sección transversal circular. Las TBMs consisten generalmente en una rueda de corte giratoria (denominada cabezal cortador), seguida por una barra principal, un sistema de empuje, soportes laterales y mecanismos de soporte de arrastre, incluyendo sistemas de transporte para la remoción de los escombros excavados por la TBM.

8. Fui empleado por más de veintisiete años por The Robbins Company, basada principalmente a las afueras de Seattle, Washington. Robbins es un fabricante de renombre mundial de máquinas de perforación de túneles de todo tipo: máquinas de roca dura, escudos dobles, máquinas de roca de un solo escudo, máquinas de balance de presión de tierra ("EPBMs" por la sigla en inglés de *earth pressure balance machines*) y escudos de escombros. Durante el transcurso de mi carrera en Robbins trabajé en y/o gestioné casi todos los aspectos del negocio. Empecé mi carrera como analista de stress especializado en métodos de análisis de elementos finitos. Trabajé en el departamento de cortadores y formé parte del equipo de diseño que creó el cortador de 19 pulgadas de alto rendimiento que es ampliamente utilizado hoy en día. Me asignaron la responsabilidad en el departamento de cortadores para documentar la creación y evolución de las matemáticas, la lógica y las suposiciones que subyacen al programa de evaluación de costos y de desempeño de las TBMs Robbins. Pasé casi tres años en el programa de Ingeniería y Gestión de Robbins, periodo durante el cual trabajé en todos los departamentos

de la empresa. Al principio de mi carrera, a menudo era el único ingeniero asignado por Robbins para trabajar en terreno apoyando a nuestros clientes y siendo responsable de la gestión de reparaciones urgentes y rediseño de trabajo en el sitio.

9. He pasado largos periodos de tiempo en sitios de trabajo en todo el mundo, manejando el montaje y puesta en marcha de máquinas recién entregadas, así como resolviendo problemas técnicos y/o de rendimiento para la satisfacción de nuestros clientes, los contratistas de construcción de túneles. Trabajé en el departamento de servicio por algún tiempo, proporcionando apoyo técnico al personal de servicio global de Robbins y manejando contratos de suministro de personal de largo plazo. Durante varios años fui gerente general de la entidad jurídica separada, Robbins Equipment Company, especializada en la reconstrucción de máquinas de clientes, así como en la compra, reparación, modificación y reventa de TBMs usadas de Robbins.

10. Por casi veinte años fui vicepresidente de The Robbins Company, y durante ese tiempo manejé prácticamente todas las divisiones de la compañía, incluyendo ingeniería, servicio de campo, ventas, marketing y operaciones. Durante 16 años dirigí toda la oficina de Seattle, Washington, que incluía el departamento de ingeniería más grande y altamente educado de la compañía, así como el negocio de consumibles (repuestos y cortadores), el departamento de marketing, el departamento de documentación, y ventas y personal de servicio.

11. Durante cinco años fui Vicepresidente de Operaciones con más de 200 personas bajo mi jefatura, fabricando más de \$ 300 millones de dólares por año de TBMs y accesorios. Además de diseñar componentes de máquinas en mis primeros años en la empresa, he asistido a cientos de reuniones de revisión de diseño y también fui responsable de los nuevos productos de Robbins y programas de I + D en los últimos años de mi carrera allí. He analizado la causa de las

fallas y gestionado la reparación y/o la modificación de literalmente decenas de tuneladoras en mi larga carrera.

12. He publicado más de veinticinco trabajos técnicos sobre temas tan diversos como:

- a. Lidiando con terreno difícil y 2000 metros de cubierta en Perú.
- b. Cómo seleccionar la TBM correcta para la geología.
- c. Un enfoque de ingeniería para la modificación y renovación de TBM.
- d. Desarrollo de cortadores de disco de gran diámetro y alta capacidad para roca.

13. Dejé Robbins a mediados de 2014 para iniciar una empresa de consultoría independiente que trabaja para propietarios de proyectos de túneles, consultores de ingeniería civil, contratistas, minas y otros. Para los propietarios, a menudo asesoro en la sustentabilidad de las TBMs seleccionadas por contratistas o escribo las especificaciones técnicas de TBM para documentos de licitación, así como también reviso las prácticas seleccionadas de diseño, fabricación, operación y mantenimiento de TBM. Para los contratistas, ayudo con la estimación de los costos de compra, transporte, montaje y operaciones de TBM, y asesoro sobre la TBM más adecuada para el trabajo planeado. Asisto con el arranque, el mantenimiento y la mejora del rendimiento de TBM en el trabajo.

14. He estado involucrado en más de 100 proyectos de túneles, incluyendo proyectos en América del Sur y entre montañas. He asesorado o trabajado en proyectos hidroeléctricos, de autopistas, ferrocarriles, alcantarillados, submarinos y otros proyectos de túneles que involucran operaciones de TBM. Durante mi larga carrera en Robbins, Robbins fabricó y entregó más de 200 nuevas máquinas, sin siquiera contar las máquinas que adaptó y entregó para su reutilización. Me involucré personalmente en al menos un tercio de estos proyectos.



15. Estoy familiarizado con el Proyecto. Desde enero de 2017 he sostenido un contrato con Alto Maipo SpA para otorgar revisiones y sugerencias continuas con respecto a las operaciones de TBM de los contratistas.

16. He visitado el Sitio del Proyecto, incluyendo las operaciones de túneles, por lo menos en media docena de ocasiones, a partir de diciembre de 2016. Yo inspeccioné personalmente las TBMs que se estaban ensamblando y poniendo en marcha en VA4 y V5 en mis múltiples visitas al Sitio del Proyecto en 2017.

#### **Antecedentes de las TBMs de CNM y respuesta a los asesores de CNM**

17. Robbins fabricó y modificó dos TBMs adquiridas por CNM para su uso en el Proyecto. La primera TBM Robbins, una TBM recién fabricada, operó en el portal V5 antes de ser transportada al portal VA4 ("TBM1"). La segunda TBM Robbins, una TBM adaptada, fue adquirida en 2016 y estaba siendo ensamblada fuera del portal V5 ("TBM2"), cuando CNM declaró que no continuaría operando las TBMs.

18. Estas TBMs están equipadas con el sistema de listones McNally (así como escudos alternos de dedos largos y cortos), taladros de perforación de techo de roca, erector de viga/arcos, taladros de sonda, capacidades de lechada y una serie de otros sistemas para hacerlas seguras para la excavación continua del túnel en la geología encontrada en los túneles de Alto Maipo. Ambas TBMs, una vez que cumplan con el Contrato, están equipadas para continuar perforando sin problemas de seguridad más allá de los riesgos normales inherentes a todas las construcciones de túnel.

19. Antes de mi participación en el Proyecto, CNM operó la TBM1 en el portal V5 durante casi un año (del 14 de junio de 2015 al 7 de mayo de 2016), excavando un total de 783,7 metros de túnel.

20. En 2015, CNM encontró una situación en la que la roca cayó del techo del túnel como resultado del fracaso de CNM para implementar sus propios procedimientos y diseños para la construcción de túneles con seguridad. He revisado fotografías de este incidente de la roca y hablado con el personal de Robbins y el personal de Alto Maipo para entender lo que pasó. No se produjeron lesiones significativas, ya que las TBMs están diseñadas con escudos, dedos metálicos extendidos y otras protecciones y dispositivos de soporte de roca para proteger a los trabajadores.

21. CNM siguió operando la TBM1 durante casi un año después del evento de caída de rocas de 2015, hasta principios de mayo de 2016. A fines de mayo de 2016, CNM firmó la Orden de Compra No. 9, bajo la cual CNM escogió y especificó una TBM (TBM2), cuya compra solicitó al Propietario, y luego modificó la TBM1 existente de acuerdo con sus propias especificaciones, haciendo ambas máquinas muy similares.

22. Después de la última operación por CNM de la TBM1 en V5 en 2016, prácticamente nada ha cambiado, excepto que CNM hizo modificaciones a la TBM1 para mejorar su eficiencia, y trasladó la TBM1 modificada a VA4, que tiene mejor geología que donde estaba anteriormente siendo utilizada en V5.

23. CNM no tuvo la TBM1 lista para operar en el portal VA4 hasta abril de 2017. Poco tiempo después, CNM dejó de operar la TBM1 el 4 de mayo de 2017, e informó a Alto Maipo que se estaba deteniendo debido a un supuesto problema de seguridad con el funcionamiento continuado de las TBMs. Yo estaba en el sitio en ese momento. A petición de Alto Maipo, revisé la situación y concluí que no existían los problemas de seguridad alegados por CNM en el punto de trabajo. En consecuencia, intenté reunirme con los representantes de CNM a la mañana siguiente para entender sus preocupaciones. Sin embargo, CNM no dio

ninguna explicación en esta reunión, y no proporcionó información ni documentación relativa a su supuesta preocupación por la seguridad en ese momento. En la reunión, el personal de CNM simplemente declaró que la carta de CNM alegando condiciones inseguras fue emitida por la gerencia de CNM sin consultar previamente al departamento de construcción de CNM.

24. Desde entonces, he revisado los informes y la correspondencia de CNM en relación a supuestas condiciones inseguras en los portales VA4 y V5, y he participado en discusiones con los asesores de CNM en dos ocasiones. No estoy de acuerdo con los informes de los asesores de CNM y sus conclusiones sobre supuestas condiciones inseguras, y he concluido que en general carecen de credibilidad. El informe del Dr. Rehm esencialmente cuestiona la seguridad de las TBMs de tipo abierto en general, que se utilizan regularmente en las operaciones de túneles en todo el mundo. El informe del Dr. Rehm no considera las características de las TBMs o el diseño y los protocolos operacionales de CNM que hacen que el trabajo de perforación de túnel de TBM sea seguro.

25. He inspeccionado la TBM1 en el portal VA4 luego de sus modificaciones. Es adecuada para continuar con la operación segura. También he revisado las especificaciones (y partes entregadas) para la TBM2 adaptada para ser usada en el portal V5. Una vez completada, será igualmente adecuada para proceder con una operación segura.

26. Adjunto como Anexo 1 se encuentra un artículo titulado "TBMs de Roca Comparadas en los Andes" ("*Rock TBMs Compared in the Andes*") de la edición de febrero/marzo de 2017 de la revista *North American Tunneling Journal* escrita por empleados de Robbins, el fabricante de las TBMs. Este artículo fue redactado por Desiree Willis (Escritor Técnico de Robbins) y Carlos Lang Ferrer, el último de los cuales es el Director Regional de

Robbins en Brasil y Chile. El artículo confirma que Robbins cree que las TBMs están configuradas apropiadamente para una operación segura en el Proyecto.

27. Este artículo confirma que las TBM están específicamente diseñadas para trabajar en las zonas de alta cubierta de la Cordillera de los Andes en Chile, y que el fabricante considera que las TBMs son seguras para el funcionamiento continuo. En particular, Robbins señala en un momento que el "Sistema McNally (especialmente diseñado para condiciones de rotura de roca) combinado con arcos ligeros" resolvió un problema encontrado en relación con bloques inestables y material suelto.

28. Es importante destacar que este artículo también señala: "Como tal, ambas máquinas blindadas y de tipo abierto son capaces de funcionar bien en roca fracturada. En ambos casos, los métodos comunes, incluyendo la perforación de sonda continua, pueden informar a los operadores de las condiciones antes de la TBM para así hacer los ajustes correspondientes, sacar el agua, etc. Y en ambos casos, operadores bien entrenados y un equipo con protocolos acordados para malas condiciones del suelo es clave para el éxito". La referencia a las TBMs de "tipo abierto" es una referencia directa al tipo de TBMs empleadas en el Proyecto. Estoy de acuerdo con la declaración de Robbins en estas frases citadas con respecto a la seguridad de las TBMs y la importancia de operadores bien entrenados.

29. Los autores de este documento incluyeron algunas afirmaciones con las cuales yo no estaría de acuerdo con respecto a las condiciones encontradas. Sin embargo, estoy de acuerdo con su conclusión de que las TBMs, tal como se han modificado, son adecuadas para la continua excavación segura en el Proyecto.

30. El 1 de junio de 2017, la revista online, *Tunnel Talk*, publicó un artículo titulado "Mantén tu TBM en movimiento contra las adversidades" ("*Keep your TBM moving against the*

odds”), escrito por Lok Home (Presidente) y Desiree Willis (Escritor Técnico) para Robbins (Anexo 2). El artículo se puede encontrar en Internet en la siguiente dirección: <https://www.tunneltalk.com/TunnelTECH-Jun2017-TBM-operations-in-difficult-ground.php>.

31. Este artículo establece: "Una vez que se hayan evaluado los riesgos, se pueden mitigar con una máquina debidamente diseñada y equipada con tecnología que pueda hacer frente a las zonas de fallas, a las entradas de agua, a la presión del suelo, o a cualquier riesgo predeterminado". (Anexo 2) Estoy de acuerdo con esta declaración, y en mi opinión las TBMs en el Proyecto están debidamente diseñadas y equipadas con tecnología que puede manejar la geología en los portales VA4 y V5.

32. El artículo también señala que los tres tipos de TBMs, ya sean abiertas, blindadas estándar, o blindadas capaces de mantener la presión, pueden perforar con éxito en terrenos difíciles. (Anexo 2) Concuerdo con esta declaración.

33. El artículo declara además que "Incluso en las condiciones de suelo más extremas, las TBMs de vigas principales (también conocidas como máquinas de tipo abierto) pueden ser eficientes y seguras. Características tales como el acceso abierto detrás del cabezal de corte para el apoyo y la consolidación del suelo, la perforación sin restricciones de la sonda, y la ausencia de un escudo son atributos muy importantes de las máquinas de tipo abierto en condiciones extremas." (Anexo 2) Estoy de acuerdo con esta declaración.

34. El artículo continúa afirmando que las máquinas de tipo abierto pueden ser *más adecuadas* para "suelo que exhibe convergencia-compresión y ruptura de roca", ya que es menos probable que queden atrapadas o atascadas. Estoy de acuerdo con esta afirmación, que es contraria a la opinión del Dr. Rehm sobre las máquinas de tipo abierto, quien se centra en las condiciones del suelo de compresión que se encuentran en el Proyecto como un riesgo para la

seguridad de los operadores de TBM. El Dr. Rehm parece ignorar el hecho generalmente aceptado en la industria de que

“... [Las máquinas de tipo abierto] pueden utilizar el Sistema de Soporte de McNally, que puede, en esencia, hacerse funcionar como un escudo. En la hinchazón o aflojamiento del suelo, las TBMs de viga principal también permiten el tratamiento inmediato del suelo detrás o sobre la parte superior del cabezal de corte. Las máquinas de tipo abierto son capaces de operar en tierra con una entrada de agua ocasional o continua, siempre y cuando se empleen estrategias de mitigación, tales como combinar la inyección de mortero con los flujos troncales, y bombas suficientes para eliminar el agua.”

(Anexo 2)

35. También estoy de acuerdo con los autores del artículo, quienes afirman: "Con las TBMs de tipo abierto modernas, el soporte de suelo como el sistema de soporte de techo de McNally, permite que el soporte se extraiga de la máquina a medida que avanza. Esta es una opción muy segura en estas condiciones." (Anexo 2)

36. Robbins también publicó un artículo titulado "Túneles TBM de Alta Capa en la Cordillera de los Andes – Un Estudio Comparativo de Dos Desafiantes Proyectos en Chile" (*“High Cover TBM Tunneling in the Andes Mountains – A Comparative Study of Two Challenging Projects in Chile”*) para su presentación en la Conferencia de Excavación Rápida y Tunnelado en San Diego, California, el 5 de junio de 2017. (Anexo 3) Este artículo fue redactado por los empleados de Robbins Carlos Lang, Mark Belli y Pablo Salazar, y discute en detalle las TBMs utilizadas en el Proyecto. Confirma que las TBMs, en la forma en que fueron configuradas, son apropiadas para un uso seguro en el Proyecto. Es importante destacar que afirma nuevamente: "operadores bien entrenados y un equipo con protocolos acordados para las malas condiciones del suelo es clave para el éxito del proyecto".

37. He examinado los informes (en inglés) presentados por el Dr. DB Powell y el Dr. Rehm alegando condiciones inseguras en los portales VA4 y V5. No estoy de acuerdo con las

conclusiones relativas a las supuestas condiciones inseguras establecidas en estos informes. El Dr. Powell y el Dr. Rehm no revisaron toda la información contractual u otra información disponible para CNM con respecto a la geología en los sitios del túnel, y basaron sus opiniones en información incompleta sobre la geología, las TBMs y el Contrato. El Dr. Powell y el Dr. Rehm sólo pasaron tiempo limitado en el sitio, y revisaron documentación limitada. Yo, por otro lado, he asesorado a este Proyecto durante más de siete meses, y he estado en los sitios de excavación por lo menos media docena de veces, a veces por semanas completas. En mi opinión, los portales VA4 y V5 son seguros para la excavación de TBM.

38. De mi revisión de los informes del Dr. Rehm y del Dr. Powell, parece que estos asesores basaron sus opiniones en información geológica que ya estaba disponible para CNM cuando desarrolló las especificaciones para la TBM2 e hizo modificaciones a la TBM1. No tiene ningún sentido para mí que CNM considerara las TBMs seguras para la operación basándose en las condiciones conocidas en 2016, después de haber usado la TBM1 por un año, y luego, después de perforar aproximadamente 7 metros en 2017, CNM confiara en un asesor para decir que estas condiciones no eran seguras para la excavación de TBM. La preocupación real de CNM es el costo, como se confirmó en las discusiones con el Dr. Rehm en mayo de 2017, cuando declaró frecuentemente que su preocupación era con la productividad.

39. La mayoría de las afirmaciones hechas por el Dr. Rehm con respecto a la seguridad (o la falta de ella) de las TBMs de pinzas abiertas son riesgos inherentes a todo trabajo subterráneo. Se queja, en la página 9, de que hay "constantes vibraciones fuertes y desagradables". Esto es inherente a la operación de TBM de roca dura. Del mismo modo, afirma en la página 9 que altas vibraciones pueden dañar los componentes de TBM, como motores,

piñones, embragues, cajas de engranajes y rodamientos. Sin embargo, las TBMs están diseñadas para resistir estas vibraciones, y tales vibraciones no son un problema de seguridad.

40. En la página 11 del informe del Dr. Rehm (en inglés), el Dr. Rehm afirma que el pequeño tamaño de TBM (4.13 m de diámetro) dificulta la instalación del soporte de roca. Sin embargo, al parecer el Dr. Rehm no leyó el Contrato, que sólo especificaba el diámetro mínimo del túnel. En virtud del Contrato, CNM era libre de utilizar una TBM de mayor diámetro si así lo deseaba. Además, hay una serie de beneficios para una TBM de menor diámetro, incluyendo un mejor soporte natural debido a su menor espacio abierto y un soporte de suelo más pequeño y ligero para la instalación.

41. Asistí a una reunión entre Alto Maipo y CNM el 11 de mayo de 2017. El objetivo de la reunión era que el Dr. Rehm y el Dr. Powell explicaran sus opiniones con más detalle para que Alto Maipo entendiera mejor las alegaciones de CNM. En el momento de esta reunión, todo lo que teníamos eran resúmenes ejecutivos de las opiniones del Dr. Rehm y del Dr. Powell. No hubo conclusiones de la reunión y no escuché nada que cambiara mi opinión respecto de que CNM conocía las condiciones de tunelado y que el trabajo podía ejecutarse de manera segura usando las TBMs.

42. Participé en una segunda reunión de las partes el 29 de mayo de 2017. Recibí los informes de los asesores de CNM unos días antes de la reunión. Según entendí, el objetivo de Alto Maipo para la reunión era escuchar la propuesta de CNM para continuar con los túneles. Sin embargo, CNM no ofreció ninguna propuesta para continuar el trabajo. El Dr. Rehm nuevamente hizo declaraciones generales sobre TBMs abiertas para rocas duras, pero no se refirió en términos específicos a la TBM en uso por CNM en ese momento o a las condiciones actuales del túnel en ese punto, las que eran buenas.



43. Después de reunirme con el Dr. Rehm y el Dr. Powell, y de revisar sus informes, mi opinión no ha cambiado. Sigo creyendo que las TBMs son seguras y apropiadas para la perforación de túneles en los portales VA4 y V5.

Respetuosamente,

---

Joe Roby

13 de junio de 2017

---

**ALTO MAIPO HYDROELECTRIC PROJECT**  
**OPINION ON SAFE OPERATION OF THE TUNNELLING MACHINES**  
**OF CONSTRUCTORA NUEVO MAIPO S.A.**

**REPORT OF**  
**DR. CHRISTOPHER SNEE**

**DATED**  
**13 June 2017**

---

**Specialist field:** I am a Chartered Engineer, Chartered Scientist, Certified Geologist and Fellow of the Institution of Materials, Minerals and Mining. I specialize in geological and construction aspects of tunnels.

**Assisted by:** The discussion in this report is my own work.

**Instructed by:** Bradley Arant Boulton and Cummings LLP

**Subject Matter:** This report is in response to instruction from Bradley Arant to questions about the safe operation of tunneling machines in geological conditions at the Alto Maipo Hydroelectric Project.

---

## **REPORT OF CHRISTOPHER SNEE, PhD**

I am an expert in rock mechanics and geological conditions holding a Ph.D with over 35 years of international tunneling and geological experience including 10 years across Central and South America, with substantial experience in the Andes Mountains. I am very familiar with the conditions at the Alto Maipo Hydroelectric Power Project site ("Project").

I have been requested to provide my opinions on the questions in Section 1 about the geological conditions at the Alto Maipo Hydroelectric Project. My summary opinions are included with the instructed questions in Section 1. Section 2 is a summary of my education, experience, training, and knowledge of the Andes Mountains and the Alto Maipo Project Site. Finally, Section 3 is a more thorough discussion of some of the important bases supporting my opinions.

Constructora Nuevo Maipo S.A. ("CNM") has been operating one tunnel boring machine ("TBM") on the Project that it later modified and moved to a second location on the same Project (TBM #1). CNM was in the process of assembling a second TBM based on specifications provided by CNM after working on the Project for over two years (TBM #2). CNM ceased operation of TBM #1 on May 4 2017. TBM #2 was not assembled or operational at that time.

In summary, CNM's decision to stop the operation of the TBM is not supported by geological conditions. To the contrary, CNM understood the geological conditions very early in the Project and designed and modified its TBMs to safely operate in the geological conditions at the Alto Maipo Project site, including the diverse range of conditions expected and encountered. In particular, I understand that CNM's decision to cease operations was allegedly based on certain reports issued by Dr. Powell and Rr. Rehm. Those reports do not support CNM's decision, as explained below.

## **SECTION I - Questions Instructed and Summary Opinions**

*a. Can tunneling be performed safely at the Project?*

- i. Yes. The TBMs and the methods of operating them and installing support of the ground were specifically designed and modified for the complex regional geology and the specific conditions encountered by CNM in the tunnels before the TBMs were installed. In fact another contractor is continuing to tunnel from the other end of the tunnel in similar geology with a nearly identical TBM without incident. On June 12, 2017, I met with representatives of The Robbins Company who is the manufacturer of the TBMs used by CNM. We inspected the tunnel and TBM #1 in VA4 and Robbins confirmed that with the proper techniques, support mechanisms and precautions, the tunneling can be performed safely and could restart immediately.

*b. Has there been a change in the geological conditions to cause any recent safety concerns in 2017?*

- i. No. In fact, the geological condition that Dr. Powell primarily discusses – horizontal shear zones – have been encountered in the tunnels by CNM more than 2 years ago. Furthermore, CNM has only excavated 7.6 meters using TBM #1 in 2017. There is very little, if anything new, that has been discovered about the geology in 2017.

*c. Do the Powell and Rehm reports change your opinion?*

- i. No they do not. Without getting into detail at this juncture, the reports are not based on the complete history of the events and in my opinion

do not prove an elevated safety concern. I have met with both of CNM's consultants, to be sure I understood all the data for their conclusions. Dr. Rehm was not aware that the TBMs he was investigating were modified by Contractor for the regional geology and the specific conditions encountered by CNM, as noted above. Powell's conclusions are not based on full consideration of the documents that were available and relevant to his conclusions. For example, Powell was not given the CNM's own assessment of the geology, the design, information regarding the conditions that CNM (and Owner) deemed safe for operations (and tunneling) for the past two and a half years, the risk management program that was established jointly between Owner and CNM at Contract execution four and one-half years ago, or CNM's specifications and modifications for the TBMs to add features to ensure safe tunneling in the worst geological conditions (with payment from the Owner). Moreover, Powell refused to enter into a wider more comprehensive discussion for the reason that he was under limited instructions to review Appendix Z to the Contract documents. This leaves his conclusion regarding safety as unsubstantiated. Contractor knows the TBMs are safe for tunneling because it was operating one and assembling another, it knows that there is nothing new with the geology because it had a full geological assessment and design for such and because nothing new was learned this year (as CNM has only excavated 7.6 meters in 2017). After the official announcement the

evening of May 4, 2017 by CNM that it would no longer operate TBM #1 and had no plan to resume, CNM's site personnel could not explain to me what was unsafe or why TBM #1 was not allowed to continue with the tunnel excavation when I entered the tunnel on 5 May 2017 with the CNM personnel. I attempted to further understand and investigate the safety aspects of CNM's allegations, but the Rehm and Powell reports, and my discussions with them, just further solidifies my opinion (and that of Robbins) that the TBMs do not present any unusual risk and tunneling should continue immediately.

## **SECTION II - Summary of Expertise**

1. I am a qualified engineer, geologist and scientist and have a Ph.D. in mining rock mechanics. I act as an advisor to owners, government entities, designers, and contractors. I consult during the design and construction of tunneling, mining, and engineering geology projects, and I provide forensic investigations of problems which occur in tunneling, mining and engineering geology projects.

2. I have over 35 years of experience in tunneling, including significant involvement in infrastructure projects in South America, Central America, Europe, Asia and the United States. My experience includes a wide variety of methods of tunnel excavation and support, including drill and blast and tunnel boring machines (TBMs) for soil and rock. I advise tunneling machine manufacturers and operators in difficult ground conditions and work with parties to develop excavation and support methods for a wide range of ground types. I give expert advice on fitness for purpose of a variety of tunneling machines. I have worked on numerous tunnel projects in the Andes Mountains in Ecuador, Bolivia and Chile, and similar geology in Panama and Colombia. I

have recent experience from other hydroelectric projects in Chile in the same geological formations as Alto Maipo. The geology of the Andes requires certain tunneling needs and these are well known to the industry.

3. I currently serve as the advisor of geology and tunneling for Alto Maipo on the Alto Maipo SpA project. Since 2010, I have advised Alto Maipo mainly on insurance up to contract execution. After Contract execution I have been an independent advisor to the Owner and based at the site. I am extremely familiar with the geology and the project from the start of tunneling for both contracts, including tunneling that has been completed by multiple TBMs. The TBMs for the other contract are almost identical to the ones operated by Contractor, except that one is slightly larger. The other contractor has operated and continues to operate those TBMs without any safety issues or concerns beyond those inherent and expected in these types of tunneling projects.

### **SECTION III - Analysis**

#### **a. Tunneling can be performed safely in the geological conditions at the Alto Maipo Project.**

4. CNM is one of the contractors on the Project. Its scope of work includes creating two main tunnels among other work. Until it ceased operations, CNM planned to use two TBMs manufactured by Robbins to excavate two critical sections of tunnel. Each TBM was designed for the general regional geology and then modified by CNM in 2016 and early 2017 for the geology encountered for more than 2 years. Note that CNM made detailed geological maps and studies of the geology with every advance of the tunnel starting in early 2015, and this knowledge was used by CNM to specify the TBMs and subsequent modifications to the first TBM in mid-2016.

5. Tunneling using the Robbins TBMs can be done safely and reliably in the geological conditions present at the Project site if CNM implements the proper techniques and support methods it designed and incorporated within the TBMs.

6. Currently another contractor, Strabag, is tunneling in other portions of the project, using (i) TBMs that are very similar to CNM's TBMs, and also (ii) using the traditional drill and blast method. The geological conditions being encountered by Strabag in the opposite end of the same tunnel where CNM is operating, are the same or similar conditions as those being encountered by CNM in its end of the tunnel.

7. Strabag's continued performance with its TBMs is further proof that tunneling at the Alto Maipo site can be performed safely with the implementation of proper techniques and support methods.

8. I visited the tunnel with the operational TBM #1 several times, as did many others, and discussed the TBM progress with the CNM site personnel, including the TBM Manager and the Construction Manager. Neither ever expressed any concern to me about the TBM, and they were responsible for the tunnels excavated by TBM #1 in 2015 and 2016 and the first 7.6 meters excavated in 2017.

9. CNM was only operating TBM #1 in a portal designated as VA4 when it chose to stop work. In this tunnel the geology is relatively good. The support installed by CNM for this part of the tunnel excavated by the TBM was for relatively good rock conditions, confirming the rock was stable and of no safety concern. I observed that CNM's and Robbin's personnel moved freely in the tunnel area beneath the rock without impediment or worry. It was clear that the site personnel were working to continue the tunnel with the TBM and never stated a reason to not do so.



10. I discussed the progress of the building and commissioning of both TBMs with the project staff from Robbins. They never stated to me that there was a reason to be concerned about the safe operation of the TBMs in the geology.

11. I met with Robbins representatives on June 12, 2017 to inspect the tunnel and TBM #1 in VA4 where CNM stopped work so that I could further understand Robbins' position about the TBM and the conditions. The Robbins representatives informed me that TBM #1 could be operated successfully in those conditions.

**b. There have not been any changes in the geological conditions in 2017 to cause any recent safety concerns.**

12. In more than 2 years of tunneling at several tunnel fronts using the drill and blast method as well as TBM method, CNM made progress and was able to support the ground. However, CNM made very little tunneling progress in 2017 with TBM #1 in VA4 and none with its other TBM for V5 that had not been assembled. Thus, CNM has obtained very little, if any, new geological information about the two tunnels in 2017.

13. The only TBM progress made in 2017 by CNM was 7.6 meters in less than 2 days during April. That was without incident. CNM was performing other activities at VA4, otherwise its progress could have been much better. The ground has been stable and safe without much support for several weeks. This confirms there is no safety issue from the ground in this tunnel, contrary to the opinion of Dr. Rhem.

14. In summary, the geology in the tunnels has been known by Contractor for about 2 years and it is no different than could be reasonably expected by an experienced contractor. In fact the geology is visible from the roadside in the area because there is very little vegetation and the steep slopes of the mountains display the rock sequences. There is no new information,

knowledge or experience at this time than existed when the Contractor was working without any expression of safety concerns.

**c. The Powell and Rehm reports do not change my opinions.**

15. I was provided with two reports, one by Dr. Rhem focusing on the TBM safety and by Dr. Powell focusing on the geology of the area. I have worked with many TBMs of this configuration, the first was in 1986 when I was a supervisor of a Robbins hard rock TBM with a similar configuration. They are normal and very common, with several hundred built, and successfully operated throughout the world.

16. I find Dr. Rhem's position that this design of the TBM is unsafe as unusual and contrary to the opinion of the industry. It was important to me to understand this difference of opinion and two meetings were arranged to explore this.

17. Dr. Powell wrote in general terms about the geology of the region. Much of this was common and public domain information. Dr. Powell believed that the site should have been investigated in more detail to manage risks, but it is acknowledged by the industry that this is not viable in mountainous regions for hydroelectric projects, and it is common practice to do this in a detailed engineering phase after contract execution. This detailed engineering was a contractual obligation of CNM. This is normal for this type of project.

18. Dr. Powell described geological phenomena that are known and understood and these were expressed in the Contract documents and the design by CNM. Dr. Powell was concerned about specific geological hazards. In fact these specific hazards, and appropriate engineering solutions, were in CNM's own design reports produced more than 3 years ago and within a few weeks of Notice to Proceed, long before the tunneling started. Furthermore, Dr. Powell stated that it was impossible to make engineering judgments using only the information

provided to bidders, when in fact CNM did exactly this at a very early stage after Notice to Proceed. Alto Maipo accepted the engineering work and my opinion is that it meets the standard expected, but Dr. Powell clearly stated that these documents were not used for his opinion, only Appendix Z to the Contract. It is clear from its own documents that CNM had the knowledge and the solutions for the type of ground encountered ready before specifying and building the TBM #1 (and specifying a second TBM), and commencing tunneling, but it was apparent from our meetings that Dr. Powell was not instructed to consider, and did not consider, any of these documents for his report.

19. A meeting was held between Alto Maipo and CNM on 11 May 2017. The objective of the meeting was for Dr. Rehm and Dr. Powell to explain their opinions in more detail so Owner could understand better. They had not given Owner reports at this time, just an executive summary of each opinion. In this meeting, which I attended, the experts stated that their role was restricted to a review of Appendix Z of the Contract. There were no conclusions from the meeting and I did not hear anything that changed my opinion that the tunneling conditions were known to the Contractor and the work could be executed safely.

20. A second meeting of the parties was on 29 May 2017. I received the reports from the experts a few days before the meeting. The objective of the meeting was to hear the proposal from Contractor to continue with the tunnels. However, Contractor did not offer any proposal to continue the work. The experts repeated their opinions with no new supporting information. However, by the close of the meeting Dr. Rehm was more specific that the safety hazard would only arise if poor and unstable rock was encountered for significant lengths of tunnel. This also ignores the fact that customary support methods can and should be installed to manage such conditions safely. Further, Rhem conceded that a specific situation of unstable ground in itself

was not unsafe. Regardless, none of these conditions existed where CNM ceased TBM operations in VA4.

**d. Summary of Conclusions.**

21. In my opinion, the tunneling conditions were known to CNM and the work can be executed safely with TBMs. I have worked on many hundreds of tunnel projects including these types of TBMs and I am knowledgeable of the geology of the Andes and of the site. Because of this experience I do not agree with the CNM experts that the TBMs cannot be operated safely.

22. The Geological conditions that are the basis for the reports of Dr. Rehm and Dr. Powell as being unsafe were known to the Contractor from early on in the project. There have been no findings for many months or years that show a difference.

23. The conditions that have been encountered were defined in Contractor's own design for the construction and support of the tunnels and the specification of the TBMs. These documents were not included in the opinion of Dr. Rehm or Dr. Powell, yet they show CNM had made the geological studies the experts stated was not possible.

24. The only operating TBM #1 for CNM that is in place has encountered stable conditions, requiring light support and Contractor site personnel have never expressed concern to me about continuing to tunnel.

25. With the proper techniques, support mechanisms and precautions, the tunneling can be performed safely and could restart immediately.

Respectfully submitted,



Dr. Christopher Snee

Date: 13 June, 2017

---

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO**  
**OPINIÓN SOBRE LA OPERACIÓN SEGURA DE LAS MÁQUINAS TUNELADORAS**  
**DE CONSTRUCTORA NUEVO MAIPO S.A.**

**INFORME DE**  
**DR. CHRISTOPHER SNEE**

**FECHA**  
**13 de junio de 2017**

---

**Área de expertis:** Soy un Ingeniero Colegiado, un Científico Colegiado, un Geólogo Colegiado y Miembro de la *Institution of Materials, Minerals and Mining*. Me especializo en aspectos geológicos y de construcción de túneles.

**Ayudado por:** Las opiniones contenidas en este informe son de mi propia autoría.

**Instruido por:** Bradley Arant Boulton and Cummings LLP

**Materia:** Este informe responde a la instrucción de Bradley Arant para analizar preguntas acerca de la operación segura de máquinas tuneladoras en condiciones geológicas en el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo

---

## **INFORME DE CHRISTOPHER SNEE, Doctorado**

Soy un experto en mecánica de rocas y condiciones geológicas con un doctorado y con más de 35 años de experiencia internacional en túneles y geología, incluyendo 10 años en América Central y del Sur, con una experiencia importante en la Cordillera de los Andes. Estoy muy familiarizado con las condiciones en el sitio del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (“Proyecto”).

Se me ha pedido que otorgue mis opiniones sobre las cuestiones planteadas en la Sección 1, que se refieren a las condiciones geológicas del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo. Mis opiniones resumidas se incluyen con las preguntas indicadas en la Sección 1. La Sección 2 es un resumen de mi educación, experiencia, capacitación y conocimiento de la Cordillera de los Andes y del Sitio del Proyecto Alto Maipo. Finalmente, la Sección 3 incluye una discusión más detallada de algunos de los fundamentos más importantes que apoyan mis opiniones.

La Constructora Nuevo Maipo S.A. (“CNM”) ha estado operando una máquina tuneladora (“TBM”, por las siglas en inglés de *tunnel boring machine*) en el Proyecto que posteriormente modificó y trasladó a un segundo lugar del mismo Proyecto (TBM #1). CNM estaba en el proceso de ensamblaje de una segunda TBM basado en especificaciones proporcionadas por CNM después de trabajar en el Proyecto por más de dos años (TBM #2). CNM suspendió la operación de la TBM #1 el 4 de mayo de 2017. La TBM #2 no estaba ensamblada ni operativa en ese momento.

En resumen, la decisión del CNM de detener la operación de la TBM no está respaldada por condiciones geológicas. Por el contrario, CNM entendía las condiciones geológicas desde los inicios del Proyecto, y diseñó y modificó sus TBMs para operar de manera segura en las condiciones geológicas en el sitio del Proyecto Alto Maipo, tomando en consideración la diversa gama de condiciones esperadas y encontradas. En particular, entiendo que la decisión de CNM de

cesar sus operaciones supuestamente se basaba en ciertos informes emitidos por el Dr. Powell y el Rr. Rehm. Estos informes no apoyan la decisión de CNM, como se explica a continuación.

## **SECCIÓN I – Preguntas Formuladas y Resumen de las Opiniones**

*a. ¿Se puede realizar el túnel de forma segura en el Proyecto?*

- i. Si. Las TBMs y los métodos para operarlas e instalar el apoyo del suelo fueron específicamente diseñados y modificados para la compleja geología de la región y las condiciones específicas que encontró CNM en los túneles antes de la instalación de las TBMs. De hecho, otro contratista sigue excavando desde el otro extremo del túnel con una geología similar y con una TBM casi idéntica sin incidentes. El 12 de junio de 2017, me reuní con representantes de The Robbins Company, el fabricante de las TBMs utilizadas por CNM. Inspeccionamos el túnel y la TBM #1 en V4, y Robbins confirmó que con las técnicas adecuadas, mecanismos de apoyo y precauciones, el tunelado se puede realizar de forma segura y podría reiniciarse inmediatamente.

*b. ¿Ha habido un cambio en las condiciones geológicas que cause alguna preocupación de seguridad reciente en el año 2017?*

- i. No. De hecho, las condiciones geológicas que el Dr. Powell discute principalmente – las zonas horizontales de cizalla – han sido encontradas en los túneles por CNM hace más de 2 años. Además, CNM sólo ha excavado 7,6 metros usando la TBM #1 en 2017. Hay muy poco, si acaso algo nuevo, que haya sido descubierto sobre la geología en 2017.

c. *¿Cambian su opinión los informes de Powell y Rehm?*

- i. No, no la cambian. Sin entrar en detalles en este momento, los informes no se basan en la historia completa de los acontecimientos y en mi opinión no prueban una preocupación de seguridad elevada. Me he reunido con los dos asesores de CNM, para estar seguro de haber entendido todos los datos para sus conclusiones. El Dr. Rehm no era consciente de que las TBMs que estaba investigando fueron modificadas por el Contratista para la geología regional y las condiciones específicas encontradas por CNM, como se menciona más arriba. Las conclusiones de Powell no se basan en la consideración completa de los documentos disponibles y relevantes para sus conclusiones. Por ejemplo, Powell no recibió la evaluación de CNM de la propia sobre la geología, el diseño, la información relativa a las condiciones que CNM (y el Propietario) consideraron seguras para las operaciones (y tunelado) durante los últimos dos años y medio, el programa de manejo de riesgo que fue establecido conjuntamente por el Propietario y CNM en la celebración del Contrato hace cuatro años y medio, o las especificaciones y modificaciones de CNM para que las TBMs incorporaran funciones para asegurar un tunelado seguro en las peores condiciones geológicas (con el pago del Propietario). Por otra parte, Powell se rehusó a entrar en una discusión más amplia y comprensiva bajo el pretexto de que tenía instrucciones limitadas solo para revisar el Apéndice Z a los documentos del Contrato. Esto deja su



conclusión con respecto a la seguridad sin fundamento. El Contratista sabe que las TBMs son seguras para el tunelado porque estaba operando una y ensamblando otra, sabe que no hay nada nuevo con la geología porque tenía una evaluación y un diseño geológicos completos para tales efectos y porque nada nuevo se supo este año (dado que CNM sólo excavó 7,6 metros en 2017). Después del anuncio oficial la tarde del 4 de mayo de 2017 por CNM en el sentido de que ya no operaría la TBM #1 y no planeaba reanudar el trabajo, el personal del sitio de CNM no pudo explicarme qué era inseguro o por qué no se permitió que la TBM #1 continuara con la excavación del túnel cuando visité el túnel el 5 de mayo de 2017 con el personal de CNM. Intenté comprender e investigar los aspectos de seguridad de las alegaciones de CNM, pero los informes de Rehm y de Powell, y mis conversaciones con ellos, únicamente sirvieron para reforzar mi opinión (y la Robbins) de que las TBMs no presentan ningún riesgo inusual y que el tunelado debiera continuar inmediatamente.

## **SECCIÓN II – Resumen de Experiencia**

1. Soy un ingeniero, geólogo y científico calificado y tengo un doctorado en la mecánica de rocas mineras. Actúo como asesor de propietarios, entidades gubernamentales, diseñadores y contratistas. Asesoro durante el diseño y construcción de proyectos de construcción de túneles, de minería y de ingeniería geológica, y entrego investigaciones forenses de problemas que ocurren en proyectos de túneles, de minería y de ingeniería geológica.

2. Tengo más de 35 años de experiencia en túneles, incluyendo una participación significativa en proyectos de infraestructura en América del Sur, Centroamérica, Europa, Asia y Estados Unidos. Mi experiencia incluye una amplia variedad de métodos de excavación y apoyo de túneles, incluyendo máquinas de perforación y explosión y máquinas tuneladoras (TBMs) para tierra y roca. Asesoré a los fabricantes de máquinas de túneles y operadores en condiciones de suelo difíciles y trabajo con las partes para desarrollar métodos de excavación y apoyo para una amplia gama de tipos de suelo. Entrego consejo experto sobre la aptitud para el propósito de una variedad de máquinas tuneladoras. He trabajado en numerosos proyectos de túneles en la Cordillera de los Andes en Ecuador, Bolivia y Chile, y en geología similar en Panamá y Colombia. Tengo experiencia reciente en otros proyectos hidroeléctricos en Chile con las mismas formaciones geológicas que Alto Maipo. La geología de los Andes requiere ciertas necesidades de túneles y éstas son bien conocidas por la industria.

3. Actualmente soy asesor de geología y tunelado de Alto Maipo en el proyecto Alto Maipo SpA. Desde 2010, he asesorado a Alto Maipo principalmente en seguros hasta la celebración del contrato. Después de la celebración del Contrato, he sido un asesor independiente del Propietario con sede en el sitio. Estoy muy familiarizado con la geología y el proyecto desde el inicio del tunelado para ambos contratos, incluyendo tunelado que ha sido completado por múltiples TBMs. Las TBMs para el otro contrato son casi idénticas a las operadas por el Contratista, excepto que una es ligeramente más grande que la otra. El otro contratista ha operado y continúa operando esas TBMs sin ningún problema de seguridad o preocupaciones más allá de las inherentes y esperadas en estos tipos de proyectos de túneles.

### **SECCIÓN III – Análisis**

**a. El tunelado puede ser realizado de manera segura en las condiciones geológicas en el Proyecto Alto Maipo.**

4. CNM es uno de los contratistas del Proyecto. Su ámbito de trabajo incluye la creación de dos túneles principales entre otros trabajos. Hasta que cesó sus operaciones, CNM planeaba utilizar dos TBMs fabricadas por Robbins para excavar dos secciones críticas del túnel. Cada TBM fue diseñada para la geología general de la región y luego modificada por CNM en 2016 y a principios de 2017 para la geología encontrada en más de 2 años. Téngase presente que CNM hizo mapas geológicos detallados y estudios de la geología con cada avance del túnel a partir de principios de 2015, y este conocimiento fue utilizado por CNM para especificar las TBMs y las modificaciones posteriores a la primera TBM a mediados de 2016.

5. El tunelado usando las TBMs Robbins se puede realizar de manera segura y confiable en las condiciones geológicas presentes en el sitio del Proyecto si CNM implementa las técnicas y métodos de apoyo adecuados que diseñó e incorporó dentro de las TBMs.

6. Actualmente otro contratista, Strabag, está haciendo túneles en otras partes del proyecto, usando (i) TBMs muy similares a las TBMs de CNM, y también (ii) usando el método tradicional de perforación y explosión. Las condiciones geológicas encontradas por Strabag en el extremo opuesto del mismo túnel en el que opera CNM son las mismas o similares a las encontradas por CNM en su extremo del túnel.

7. El continuo desempeño de Strabag con sus TBMs es una prueba más de que el tunelado en el sitio de Alto Maipo puede ser realizada de manera segura con la implementación de técnicas y métodos de soporte apropiados.

8. He visitado el túnel con la TBM #1 operativa varias veces, al igual que muchos otros, y he discutido el progreso de la TBM con el personal del sitio de CNM, incluyendo el

Gerente de TBM y el Gerente de Construcción. Ninguno alguna vez me expresó alguna preocupación sobre la TBM, y ellos eran los responsables de los túneles excavados por la TBM #1 en 2015 y 2016, y los primeros 7,6 metros excavados en 2017.

9. CNM sólo estaba operando la TBM #1 en un portal designado como VA4 cuando decidió cesar sus operaciones. En este túnel la geología es relativamente buena. El soporte instalado por CNM para esta parte del túnel excavado por la TBM era para condiciones de roca relativamente buenas, lo que confirma que la roca era estable y no presentaba problemas de seguridad. Observé que el personal de CNM y de Robbins se movía libremente en el área del túnel bajo la roca sin impedimentos ni preocupaciones. Estaba claro que el personal del sitio estaba trabajando para continuar el túnel con la TBM y nunca declaró alguna razón para no hacerlo.

10. Discutí sobre el progreso de la construcción y puesta en marcha de ambas TBMs con el personal del proyecto de Robbins. Nunca declararon que había una razón para preocuparse por la seguridad de la operación de las TBMs en la geología.

11. Me reuní con representantes de Robbins el 12 de junio de 2017 para inspeccionar el túnel y la TBM #1 en V4 donde CNM cesó el trabajo, para poder entender mejor la posición de Robbins relativa a la TBM y las condiciones. Los representantes de Robbins me informaron que la TBM #1 podía ser operada de manera exitosa en esas condiciones.

**b. No ha habido ningún cambio en las condiciones geológicas en 2017 como para causar alguna preocupación en torno a la seguridad.**

12. En más de 2 años de tunelado en varios frentes de túnel utilizando el método de perforación y explosión, así como el método TBM, CNM avanzó y pudo mantener estable el suelo. Sin embargo, CNM hizo muy poco progreso en el túnel en 2017 con la TBM #1 en VA4 y ninguno

con su otra TBM en V5 que no había sido ensamblada. Por lo tanto, CNM ha obtenido muy poca, si alguna, nueva información geológica sobre los dos túneles en 2017.

13. El único progreso de TBM realizado en 2017 por CNM fue de 7,6 metros en menos de 2 días durante abril. Se realizó sin incidentes. CNM estaba realizando otras actividades en VA4, de otro modo su progreso podría haber sido mucho mejor. El suelo se ha mantenido estable y seguro sin mucho soporte durante varias semanas. Esto confirma que no hay ningún problema de seguridad del suelo en este túnel, contrariamente a la opinión del Dr. Rhem.

14. En resumen, la geología en los túneles ha sido conocida por el Contratista durante unos 2 años y no es diferente de lo que razonablemente podría esperar un contratista experimentado. De hecho, la geología es visible desde el borde de la carretera en la zona porque hay muy poca vegetación y las empinadas laderas de las montañas muestran las secuencias de roca. No hay nueva información, conocimiento o experiencia en este momento respecto de la que existía cuando el Contratista estaba trabajando sin ninguna expresión de preocupaciones de seguridad.

**c. Los informes de Powell y de Rehm no tienen credibilidad y no cambian mis opiniones.**

15. Me proporcionaron dos informes, uno del Dr. Rhem centrado en la seguridad de la TBM, y otro del Dr. Powell enfocado en la geología del área. He trabajado con muchas TBMs de esta configuración, la primera en 1986 cuando era supervisor de una TBM para rocas duras de Robbins con una configuración similar. Son normales y muy comunes, con varios cientos construidas y operadas con éxito en todo el mundo.

16. Considero que la posición del Dr. Rhem en el sentido de que este diseño de la TBM es inseguro es inusual y contraria a la opinión de la industria. Era importante para mí entender esta diferencia de opinión y por ello se organizaron dos reuniones para discutir esto.

17. El Dr. Powell escribió en términos generales sobre la geología de la región. Gran parte de esto era información común y de dominio público. El Dr. Powell creía que el sitio debería haber sido investigado con más detalle para manejar los riesgos, pero la industria reconoce que esto no es viable en las regiones montañosas para los proyectos hidroeléctricos, y es una práctica común hacerlo en una fase de ingeniería detallada después de la celebración del contrato. Esta ingeniería detallada era una obligación contractual de CNM. Esto es normal para este tipo de proyectos.

18. El Dr. Powell describió fenómenos geológicos que son conocidos y entendidos y que fueron expresados en los documentos del Contrato y en el diseño de CNM. El Dr. Powell estaba preocupado por los riesgos geológicos específicos. De hecho, estos riesgos específicos, y las soluciones de ingeniería apropiadas, se encontraban en los informes de diseño propios de CNM elaborados hace más de 3 años y dentro de pocas semanas a partir de la Orden de Proceder (*Notice to Proceed*), mucho tiempo antes de que se comenzara el túnel. Además, el Dr. Powell declaró que era imposible hacer juicios de ingeniería utilizando sólo la información proporcionada a los licitadores, cuando en realidad CNM hizo exactamente esto en una etapa muy temprana después de la Orden de Proceder. Alto Maipo aceptó el trabajo de ingeniería y mi opinión es que cumple con el estándar esperado, pero el Dr. Powell declaró claramente que estos documentos no fueron utilizados para su opinión, sino sólo el Apéndice Z del Contrato. Está claro de los propios documentos de CNM que ésta tenía el conocimiento y las soluciones para el tipo de terreno encontrado listos antes de especificar y construir la TBM #1 (y de especificar una segunda TBM), y de comenzar el túnel, pero pareciera ser de nuestras reuniones que el Dr. Powell no fue instruido a considerar, y no consideró, ninguno de estos documentos para su informe.

19. Se realizó una reunión entre Alto Maipo y CNM el 11 de mayo de 2017. El objetivo de la reunión era que el Dr. Rehm y el Dr. Powell explicaran sus opiniones con más detalle para que el Propietario pudiera entender mejor. Ellos no habían dado informes al Propietario en ese momento, sino sólo un resumen ejecutivo de sus opiniones. En esta reunión, a la que asistí, los expertos declararon que su función se limitaba a una revisión del Apéndice Z del Contrato. No hubo conclusiones de la reunión y no escuché nada que cambiara mi opinión de que el Contratista conocía las condiciones de túnel y que el trabajo se podía ejecutar de manera segura.

20. Una segunda reunión entre las partes se realizó el 29 de mayo de 2017. Recibí los informes de los expertos unos días antes de la reunión. El objetivo de la reunión era escuchar la propuesta del Contratista para continuar con los túneles. Sin embargo, el Contratista no ofreció ninguna propuesta para continuar el trabajo. Los expertos repitieron sus opiniones sin nueva información de apoyo. Sin embargo, al cierre de la reunión, el Dr. Rehm fue más específico en que el riesgo de seguridad sólo se presentaría si se encontraba roca pobre e inestable para longitudes significativas de túnel. Esto también ignora el hecho de que los métodos de soporte habituales pueden y deben ser instalados para manejar dichas condiciones de manera segura. Adicionalmente, Rehm concedió que la situación específica de suelo inestable en sí misma no era insegura. En cualquier caso, ninguna de estas condiciones existió donde CNM cesó las operaciones de TBM en VA4.

#### **d. Resumen de Conclusiones.**

21. En mi opinión, las condiciones de tunelado eran conocidas por CNM y el trabajo puede ser realizado de manera segura con las TBMs. He trabajado en cientos de proyectos de túneles incluyendo estos tipos de TBMs y soy conocedor de la geología de los Andes y del sitio.

Debido a esta experiencia, no estoy de acuerdo con los expertos de CNM en la afirmación de que las TBMs no pueden ser manejadas de manera segura.

22. Las condiciones geológicas en que se basan los informes del Dr. Rehm y del Dr. Powell para señalar que son inseguras fueron conocidas por el Contratista desde el principio del proyecto. No ha habido hallazgos durante muchos meses o años que muestren una diferencia.

23. Las condiciones que se han encontrado fueron definidas en el diseño propio del Contratista para la construcción y soporte de los túneles y la especificación de las TBMs. Estos documentos no fueron incluidos en la opinión del Dr. Rehm o del Dr. Powell, y sin embargo, demuestran que CNM había realizado los estudios geológicos que los expertos declararon que no eran posibles.

24. La única TBM #1 operativa para CNM que está en su lugar ha encontrado condiciones estables, requiriendo un apoyo ligero y el personal del sitio del Contratista nunca ha expresado su preocupación por continuar el túnel.

25. Con las técnicas, los mecanismos de soporte y las precauciones apropiadas, el tunelado puede realizarse de manera segura y podría reiniciarse inmediatamente.

Respetuosamente,

Dr. Christopher Snee

Fecha: 13 de junio de 2017



## Alto Maipo Program Safety Manager

My name is Peter Bolt, and I have been in position as Alto Maipo's Program Safety Manager from April 2015 to the present date. As a result of my prior experiences with construction projects across the globe, I am able to offer diverse experience in the development, oversight, and implementation of the safety programs for the Alto Maipo project. These experiences include but aren't limited to managing multi-cultural, multi-lingual and multi-skilled teams and contractors utilizing expert diagnoses, personal and team input, document and statistical analysis to identify the correct strategy and path forward for the betterment of the safety of the project.

My experience in the construction and safety fields started more than 30 years ago. In 1985 my professional career started as a trade apprentice in a government utility. That is where I first became aware of and exposed to safety management. Those early years in the trades and as a union member inspired me to become more and more involved in safety, resulting not only in active participation in all aspects of safety including authorization to place permits for the personal safety of work crews, development of safe working procedures, the design and implementation of safety control systems, but also over fifteen (15) years as a trained rescue person and fire-fighter. Those years taught me safety's true value; when a colleague is dying in front of you because he ignored what was safe it truly focuses your mind and defines your future. In all projects or operations I have undertaken and managed and all those yet to come, safety comes first. Once safety is defined, then and only then, can the effectiveness and efficiency of the work be discussed. This philosophy is a fundamental for Alto Maipo, its safety program, and my personal involvement leading the program.

In my role as Program Safety Manager for Alto Maipo, it is critical that I align my professional experience with an understanding of the rock, the machinery, and personnel interfaces and how these physical interactions can be managed to ensure safe construction methodology is applied to allow the work to proceed effectively and efficiently. The inclusion of Dr. Snee and other technical experts in the Alto Maipo project is critical for me in that regard as they provide an established platform and knowledge base that for me is both trusted and proven.

As Program Safety Manager for Alto Maipo I inherited the management of and continue to lead a team of Chilean safety professionals with responsibilities as the owner, or as representatives of the owner where outside safety personnel are employed, to provide oversight and confirmation that CNM are compliant with their duty and responsibilities under the contract. This team has not changed significantly during my tenure however the addition of Juan González and Roberto Bustos provided additional TBM experience which has supported Cristian Alarcón, my immediate second in command for safety, to provide input and guidance where applicable to assist the contractors in ensuring the correct safety measures in their works are in place. Roberto Bustos joined the Alto Maipo owner's team after resigning his position as Safety Manager with CNM.

My team and I are on site collectively to assist in safe work at all times. We train workers, we systematically visit the work points, and we assess the capability of the contractor collectively at all times and jointly have had no significant concerns either immediately before or after the cessation of activities by CNM regarding safe TBM operations with the correct application of work procedures and designs. Our work begins with assuring the contractor, such as CNM, provides the contractually required safety procedures, before the contractor begins work. Led by Christian Alarcón who is the licensed Chilean safety representative for Alto Maipo, my team also checks and confirms compliance from CNM and the other contractors with any applicable safety requirements

pursuant to Chilean law. We are not aware of any safety violations by CNM or the other contractors which have not been rectified.

With reference to the inherent safety of the open gripper TBM utilized by CNM, there have been, through my tenure, points in time that have particular relevance starting in April of 2015 and the initial documentation provided by CNM in their procedure CL-AMH-PRO-CM-007 Rev A, in which CNM identifies the steps they state are required to safely undertake TBM excavations. Once we had reviewed this CNM written safety procedure, the procedure became the framework for commencement of CNM's TBM operations. Even during commissioning of the first CNM TBM, we monitored CNM's adherence to safe operations in accordance with its safety procedures.

During the commissioning of TBM1 in 2015, CNM encountered a situation where rock fell out of the roof of the tunnel as a result of CNM's failure to implement its own procedures and designs for safe tunneling. I have reviewed photographs from this rock fall incident, and spoken with Robbins personnel and Alto Maipo personnel to understand what happened. No significant injuries occurred, as the TBMs are designed with shields, extended metal fingers, and other devices to protect the workers.

As a commitment to safety, not solely associated with CNM, Alto Maipo elected to cease all works in late July 2015 for five days. We required all contractors to study and reset their safety standards in alignment with the project goals and contractual requirements. One of the activities undertaken during this time was to review and improve work procedures, and, as part of that effort, CNM updated its TBM operating procedures in August 2015, after incorporating our safety comments.

Additionally, as a result of its commissioning activities in the tunnel in mid-2015, CNM added a system, called the "McNally system". The McNally system is a protection system utilized on Robbins TBM's which protects workers from exposure of rock fall from a tunnel crown. The system was added by CNM in November of 2015. From a safety to personnel standpoint the McNally system provides a proven and engineered solution for the protection of workmen.

After the initial commissioning issues, CNM continued to operate TBM1 until mid-2016 without any safety concerns or reports from CNM. The stoppage and removal of TBM1 in mid-2016 was not related to safety, it was related to schedule.

After operating TBM1 for almost a year, CNM also chose and specified a similar TBM (TBM2) which it requested Owner purchase, according to its own specifications. It likewise modified the existing TBM1 when it was transported from V5 to VA4.

Throughout the project Owner and CNM have had access to and utilized a record system, Unifier, to capture safety observations and monitor correct and timely closure of such observations. The safety incidents related to CNM's operation of the TBM in 2015 and 2016 have been both positive and negative, and all have been consistent with any large civil construction project. However, all relate to CNM's operation of the TBM in compliance with its own procedures and processes, not the safety of the TBM itself. From a safety perspective, the noted deficiencies in CNM's operation of the TBM has at no time affected CNM's ability to safely operate the TBM or caused me or my team to elevate the risk profile of the machine especially as one of the specific and engineered solutions, the McNally system, started to be utilized when needed.

When this historical information is considered alongside the work procedures, the machinery design by CNM, the CNM support designs for the lining of the tunnel, geological classifications, expert

advice and prior demonstration by CNM to recognize transitions in rock quality and subsequently apply the correct level of support in the correct way, Alto Maipo's safety team did not question CNM's ongoing ability to work safely with this or any future TBM at Alto Maipo.

Another factor I consider is that at no stage from the commencement of TBM operations did CNM mention safety observations or findings that suggested CNM held any concerns with operating said TBMs up until the date (May 4, 2017) that CNM first informed Alto Maipo of a complete abandonment of activities with TBM operations.

This is especially important to me, because I note that CNM hired two consultants in early April 2017 to give it opinions that the machines were allegedly unsafe. Neither my safety team nor Alto Maipo as a whole were informed. Contractually this is a failure of CNM's duty to update all risk matrices and subsequent documentation associated with TBM operations to ensure safety of not only their personnel but those from or representing Owner as such emergent information became available. In addition to notice, I would have also expected CNM to develop new and updated procedures and safety instructions as to how to safely transit into and around the TBM work areas based on their risk assessment. No such instructions or procedures were received.

Because of this failure, I have concluded that CNM in fact did not have safety concerns.

Shortly after CNM abandoned operation of the two TBM's, I personally went to the work front with my team in the following days. The tunnel was viewed as stable, the rock conditions were good, and there was no unsafe condition or item observed. This is still the case; the geological conditions do not justify the excuse offered by CNM's management.

I also attended a meeting with CNM on May 29th where Dr. Rehm was present and Dr. Powell was available only by telephone. The meeting was for the experts to explain their conclusions and for CNM to present its plan for recommencing tunneling operations. Despite CNM not presenting a plan, the meeting was informative as Dr. Rehm made a statement that was important with respect to safety. He stated that in a 20 meter segment of the tunnel with the presented geology the TBM operator could advance safely with the existing tools already in place by CNM. From a safety perspective, I do not understand how he could make that statement and then conclude it is unsafe to operate the TBMs, particularly given that his concern is with the L1 area of the TBM which is within the first 20 meters.

The safety team and the Owner's construction management team regularly observed the TBM operations of CNM as well as those operated by another contractor, Strabag. Strabag is operating one of its TBMs in the same tunnel as CNM was, albeit at the other end, in similar geological conditions. Geological conditions which are managed with considerable success regarding the safety for all personnel. This is our focus and duty.

Safety of the workers is our most important concern. The Owner is committed to this and maintains it at all times. Owner has and will always support valid safety concerns and address them through contractor, or by itself, such valid concerns and has demonstrated this historically with considerable investments of time and resources to do.

 JUNE 12<sup>th</sup> 2017

## Gerente de Seguridad del Programa Alto Maipo

Mi nombre es Peter Bolt, y he estado en el puesto de Gerente del Programa de Seguridad de Alto Maipo desde abril de 2015 hasta la fecha actual. Como resultado de mis experiencias anteriores con proyectos de construcción alrededor del mundo, estoy capacitado para ofrecer experiencia diversa en el desarrollo, supervisión e implementación de programas de seguridad para el proyecto Alto Maipo. Estas experiencias incluyen, pero no se limitan a, la gestión de equipos y contratistas multi-culturales, multilingües y multidisciplinarios que utilizan diagnósticos, aportaciones personales y de equipo, análisis de documentos y estadísticas expertos para identificar la estrategia correcta y el camino a seguir para el mejoramiento de la seguridad del proyecto.

Mi experiencia en los campos de construcción y seguridad comenzó hace más de 30 años. En 1985, mi carrera profesional comenzó como un aprendiz de comercio en una empresa gubernamental. Ahí fue donde me di cuenta y me expuse a la gestión de la seguridad. Los primeros años en el comercio y como miembro de sindicato me inspiraron a involucrarme cada vez más en la seguridad, resultando no sólo en la participación activa en todos los aspectos de la seguridad, incluyendo la autorización para colocar permisos para la seguridad personal de los equipos de trabajo, desarrollo de procedimientos de trabajo seguros, diseño e implementación de sistemas de control de seguridad, sino también más de quince (15) años como persona de rescate capacitada y bombero. Esos años me enseñaron el verdadero valor de la seguridad; cuando un colega se está muriendo delante de usted porque él hizo caso omiso de lo que era seguro, eso realmente centra su mente y define su futuro. En todos los proyectos u operaciones que he emprendido y gestionado y todos los que aún están por venir, la seguridad es lo primero. Una vez definida la seguridad, entonces y sólo entonces, se puede discutir la efectividad y la eficiencia del trabajo. Esta filosofía es fundamental para Alto Maipo, su programa de seguridad, y mi participación personal liderando el programa.

En mi función como Gerente del Programa de Seguridad de Alto Maipo, es fundamental que yo alinee mi experiencia profesional con una comprensión de la roca, la maquinaria y las interfaces de personal y cómo estas interacciones físicas se pueden gestionar para garantizar que una metodología de construcción segura sea aplicada para permitir que el trabajo proceda de forma efectiva y eficiente. La inclusión del Dr. Snee y de otros técnicos expertos en el proyecto de Alto Maipo es crítica para mí en ese sentido, ya que ellos proporcionan una plataforma establecida y una base de conocimientos que para mí es confiable y probada.

Como Gerente del Programa de Seguridad de Alto Maipo, heredé la gestión y continúo dirigiendo un equipo de profesionales de seguridad chilenos con responsabilidades como propietario, o como representantes del propietario donde se emplea personal de seguridad externo, para supervisar y confirmar que CNM cumple con su deber y responsabilidades bajo el contrato. Este equipo no ha cambiado significativamente durante mi permanencia; sin embargo, la incorporación de Juan González y Roberto Bustos brindó experiencia adicional de TBM que ha apoyado a Cristian Alarcón, mi segundo al mando para la seguridad, para aportar información y orientación cuando sea aplicable para ayudar a los contratistas a asegurar que las medidas de seguridad correctas están en su lugar. Roberto Bustos se unió al equipo del dueño de Alto Maipo después de renunciar a su puesto como Gerente de Seguridad de CNM.

Mi equipo y yo estamos en el sitio colectivamente para ayudar en un trabajo seguro en todo momento. Entrenamos a los trabajadores, visitamos sistemáticamente los puntos de trabajo y evaluamos la capacidad del contratista colectivamente en todo momento, y en conjunto no hemos tenido preocupaciones significativas ni inmediatamente antes ni después del cese de las actividades de CNM

con respecto a las operaciones seguras de TBM con la correcta aplicación de procedimientos de trabajo y diseños. Nuestro trabajo comienza asegurando que el Contratista, como CNM, provea los procedimientos de seguridad requeridos contractualmente, antes de que el Contratista comience a trabajar. Encabezado por Christian Alarcón, representante de seguridad chileno autorizado de Alto Maipo, mi equipo también verifica y confirma el cumplimiento por parte de CNM y los demás contratistas de los requisitos de seguridad aplicables de acuerdo con la ley chilena. No tenemos conocimiento de ninguna violación de seguridad por parte de CNM u otros contratistas que no hayan sido rectificados.

Con referencia a la seguridad inherente de la TBM de agarre abierta utilizada por CNM, ha habido, durante mi tenencia, puntos en el tiempo que tienen particular relevancia a partir de abril de 2015 y la documentación inicial proporcionada por CNM en su procedimiento CL-AMH-PRO -CM-007 Rev A. en la que CNM identifica los pasos que ellos indican como necesarios para realizar de manera segura las excavaciones TBM. Una vez que revisamos este procedimiento de seguridad escrito de CNM, el procedimiento se convirtió en el marco para el inicio de las operaciones de TBM de CNM. Incluso durante la puesta en marcha de la primera TBM de CNM, monitoreamos la adhesión de CNM a operaciones seguras de acuerdo con sus procedimientos de seguridad.

Durante la puesta en marcha de la TBM1 en 2015, CNM encontró una situación en la que la roca cayó del techo del túnel como resultado del fracaso de CNM de implementar sus propios procedimientos y diseños para un túnel seguro. He revisado fotografías de este incidente de la roca y hablado con el personal de Robbins y el personal de Alto Maipo para entender lo que pasó. No se produjeron lesiones significativas, ya que las TBMs están diseñadas con escudos, dedos metálicos extendidos y otros dispositivos para proteger a los trabajadores.

Como compromiso de seguridad, no exclusivamente asociado con CNM, Alto Maipo optó por cesar todos los trabajos a finales de julio de 2015 por cinco días. Exigimos que todos los contratistas estudiaran y reajustaran sus estándares de seguridad en alineación con las metas del proyecto y los requisitos contractuales. Una de las actividades realizadas durante este tiempo fue revisar y mejorar los procedimientos de trabajo y, como parte de ese esfuerzo, CNM actualizó sus procedimientos para la operación de TBM en agosto de 2015, después de incorporar nuestros comentarios de seguridad.

Adicionalmente, como resultado de las actividades de puesta en marcha en el túnel a mediados de 2015, CNM añadió un sistema, llamado el "sistema McNally". El sistema McNally es un sistema de protección utilizado en las TBMs Robbins, que protege a los trabajadores de la exposición a la caída de rocas de una corona de túnel. El sistema fue agregado por CNM en noviembre de 2015. Desde el punto de vista de la seguridad del personal, el sistema McNally proporciona una solución probada y diseñada para la protección de los trabajadores.

Después de los problemas iniciales de puesta en marcha, CNM siguió operando la TBM1 hasta mediados de 2016 sin ningún tipo de preocupaciones de seguridad o informes de CNM. El paro y la remoción de la TBM1 a mediados de 2016 no estuvo relacionado con la seguridad, sino que se relacionó con el calendario.

Después de operar la TBM1 durante casi un año, CNM también escogió y especificó una TBM similar (TBM2), cuya compra solicitó al Propietario, según sus propias especificaciones. CNM también modificó la TBM1 existente durante el proceso de traslado de la TBM1 desde V5 a VA4.

Durante todo el proyecto, el Propietario y CNM han tenido acceso y han utilizado un sistema de registro, Unifier, para capturar las observaciones de seguridad y monitorear el cierre correcto y oportuno de tales observaciones. Los incidentes de seguridad relacionados con el funcionamiento de la TBM en 2015 y en 2016 han sido tanto positivos como negativos, y todos han sido consistentes con cualquier gran proyecto de construcción civil. Sin embargo, todos ellos se relacionan con el funcionamiento de la TBM por CNM de acuerdo con sus propios procedimientos y procesos, no la seguridad de la propia TBM. Desde el punto de vista de la seguridad, las deficiencias notadas en el funcionamiento de la TBM por parte de CNM no han afectado en ningún momento la capacidad de CNM para operar con seguridad la TBM ni para que yo o mi equipo elevemos el perfil de riesgo de la máquina especialmente como una de las soluciones de ingeniería específica, el sistema McNally empezó a ser utilizado cuando fue necesario.

Cuando se considera esta información histórica junto con los procedimientos de trabajo, el diseño de maquinaria por CNM, los diseños de apoyo de CNM para el revestimiento del túnel, las clasificaciones geológicas, el asesoramiento de expertos, y la demostración previa por CNM para reconocer transiciones en calidad de roca y posteriormente aplicar el correcto nivel de apoyo de manera correcta, el equipo de seguridad de Alto Maipo no cuestionó la capacidad continua de CNM para trabajar con seguridad con este o cualquier TBM futura en Alto Maipo.

Otro factor que considero es que en ninguna etapa desde el inicio de las operaciones de TBM, CNM mencionó observaciones de seguridad o hallazgos que sugirieran que CNM tenía alguna preocupación por operar dichas TBMs hasta la fecha (4 de mayo de 2017) que CNM informó a Alto Maipo de un abandono total de actividades de operaciones de TBM.

Esto es especialmente importante para mí, ya que observo que CNM contrató a dos asesores a principios de abril de 2017 para que opinaran que las máquinas eran supuestamente inseguras. Ni mi equipo de seguridad ni Alto Maipo en su conjunto fueron informados. Contractualmente esto es un incumplimiento del deber de CNM de actualizar todas las matrices de riesgo y la documentación posterior asociada con las operaciones de TBM para garantizar la seguridad no sólo de su personal, sino también de aquellos que representan al Propietario cuando tal información emergente se hizo disponible. Además de la notificación, también habría esperado que CNM desarrollara procedimientos e instrucciones de seguridad nuevos y actualizados sobre cómo transitar de manera segura hacia y alrededor de las áreas de trabajo de TBM basándose en su evaluación de riesgos. No se recibieron tales instrucciones o procedimientos.

Debido a este incumplimiento, he concluido que CNM de hecho no tenía preocupaciones de seguridad.

Poco después de que CNM abandonara la operación de las dos TBMs, personalmente fui al frente de trabajo con mi equipo en los días siguientes. El túnel se veía estable, las condiciones de la roca eran buenas, y no se observó ninguna condición o artículo inseguro. Este sigue siendo el caso; las condiciones geológicas no justifican la excusa que ofrece la gerencia de CNM.

También asistí a una reunión con CNM el 29 de mayo donde el Dr. Rehm estaba presente y el Dr. Powell estaba disponible sólo por teléfono. La reunión fue para que los expertos expusieran sus conclusiones y para que CNM presentara su plan para reanudar las operaciones de túneles. A pesar de que CNM no presentó un plan, la reunión fue informativa ya que el Dr. Rehm hizo una declaración que era importante con respecto a la seguridad. Afirmó que en un segmento de 20 metros del túnel con la geología presentada el operador TBM podría avanzar con seguridad con las herramientas existentes de CNM. Desde el punto de vista de la seguridad, no entiendo cómo pudo hacer esa

afirmación y concluir que no es seguro operar las TBMs, particularmente dado que su preocupación es con el área L1 de la TBM que está dentro de los primeros 20 metros.

El equipo de seguridad y el equipo de gestión de construcción del propietario observaron regularmente las operaciones TBM de CNM, así como las operadas por otro contratista, Strabag. Strabag está operando una de sus TBMs en el mismo túnel que CNM, aunque en el otro extremo, en condiciones geológicas similares. Condiciones geológicas que se manejan con éxito considerable en cuanto a la seguridad para todo el personal. Este es nuestro enfoque y deber.

La seguridad de los trabajadores es nuestra preocupación más importante. El propietario está comprometido con esto y lo mantiene en todo momento. El propietario apoya y siempre apoyará las preocupaciones de seguridad válidas y las abordará a través de contratista, o por sí mismo, y ha demostrado esto históricamente con inversiones considerables de tiempo y recursos.

Firma de Peter Bolt

12 de junio de 2017