**LOS GRANITOS DE LAS CANTERAS "LEAHY," "RED STONE
Y BIENVENUE," (E. U. A.),**

por el Ingeniero de Minas Juan D. Villarello.(1)

(Láminas VI á XXIII).

La Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas me distinguió, en el mes de Septiembre del año 1908, con la honrosa comisión de estudiar unas canteras de granito ubicadas en los Estados de New Hampshire y Maine de la Unión Americana. De estas canteras se proyectaba hacer la extracción de cuarenta columnas monolíticas, de 9.30 metros de altura de fuste por 1.10 metros de diámetro, las cuales se traerían á México, para colocarlas en el Palacio Legislativo Federal actualmente en construcción. La misma Secretaría me indicó debía estudiar no solamente la posibilidad de obtener de esas canteras los 40 blocks mencionados, sino que debía fijar mi atención además, en los tres puntos siguientes: 1º, dimensiones de los cristales del granito, pues deben ser grandes en atención al tamaño de las columnas; 2º, uniformidad en cuanto sea posible del color general de las referidas columnas; y 3º, que el granito sea inalterable, y su color no varíe, por la acción de los agentes atmosféricos.

En cumplimiento de comisión tan honrosa como delicada fui á Nueva York, y de allí por Boston y Portland llegué á North Conway para visitar las canteras Leahy y Red Stone, ubicadas en el Estado de New Hampshire. Después pasé á Rockland, en donde me embarqué para llegar á las islas Vinal Haven y Deer, situadas en la parte Sur del Estado de Maine. En la primera de estas islas visité la cantera Palmer, pues aunque de allí no se haría la extracción de los blocks antes mencionados, creí conveniente estudiarla porque de esa cantera se extrajeron las grandes columnas para la Catedral St. John le Divine, actualmente en construcción en Nueva York. En el islote Deer visité y estudié la cantera Bienvenue.

De todas las canteras anteriores tomé ejemplares de granito, los cuales fueron labrados en México, en el Instituto Geológico Nacional, con objeto de someterlos á estudios microscópicos, químicos, y

(1) Publicado con permiso de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

también á experimentos de alterabilidad y cambio de coloración por diferentes agentes.

Para determinar la duración y la alterabilidad de una roca que se desea emplear como material de construcción, hay tres métodos: estudiar la roca en la cantera y en sus afloramientos cercanos; examinar á la misma roca en las construcciones antiguas; ó hacer con ella experimentos en el laboratorio. Los tres métodos anteriores deben seguirse cuando la construcción es de importancia, y se impone por lo tanto, el conocimiento bastante preciso de la calidad de las rocas que tienen que emplearse en ella.

Sin la menor duda, de los métodos anteriores el de mayor importancia es el primero. En efecto, solamente en la cantera puede estudiarse la posibilidad de obtener grandes blocks, y es en donde puede verse si el color y textura de la roca es uniforme; además, en la cantera puede estudiarse cómo se altera la roca por la acción de los agentes atmosféricos, y cómo varía su color; pues allí se encuentran la roca fresca, sin alteración alguna, y también la roca alterada en los afloramientos que han estado sometidos á los cambios climatológicos. Por otra parte, y esto es de muchísima importancia, en la cantera pueden verse los planos estructurales (hendeduras, etc.), que existen en la parte superficial, en el afloramiento de la roca, planos que continúan hasta cierta profundidad, aunque su presencia en ésta no se revele á la simple vista; pero que pueden hacerse visibles después de algún tiempo, cuando la roca esté ya colocada en las construcciones. La posición de estos planos estructurales, y en general, de los pseudo-cruces ó planos de menor resistencia en las rocas, sólo puede conocerse en la mayoría de los casos estudiando la cantera; y este dato es uno de los que debe conocer con exactitud el ingeniero constructor, con objeto de no someter una gran piedra á presiones paralelas á estos planos, porque en esa dirección la resistencia de la roca es muy variable, y siempre inferior á la que tiene la misma roca cuando se le somete á presiones normales á los referidos planos de menor resistencia. Por último, en la cantera pueden conocerse los defectos que sacarán las piedras, como son: manchas, pecas, inclusiones, impurezas, etc.

Se comprende por lo anterior la mucha importancia que tiene el primer método de los ya mencionados; pero el segundo es también interesante para llegar á un resultado prácticamente útil, en lo rela-

tivo á la duración y alterabilidad de una roca considerada como material de construcción. En efecto, las alteraciones y cambios de color que se observan en los afloramientos de una roca, son debidos principalmente á los agentes atmosféricos, los cuales han ejercido su acción sobre ella durante un tiempo geológico; y como los años de los tiempos históricos son pocos comparados con el tiempo geológico, es industrialmente interesante conocer la alteración de las rocas durante los tiempos históricos. Este dato se obtiene estudiando á la misma roca en construcciones antiguas. Así se pueden conocer sus cambios de color, sus diferentes alteraciones, y la disminución en la resistencia de la piedra, debida á su alteración por los agentes atmosféricos.

Cuando la roca no se encuentre empleada como material de construcción en edificios suficientemente antiguos, como creo sucede con los granitos que motivan este estudio, se impone como necesario el tercer método de los ya mencionados, es decir, la experimentación en el laboratorio, sometiendo la roca á la acción de diferentes agentes, y siguiendo los procedimientos más adecuados que indica la práctica.

Teniendo en cuenta lo que he indicado en los párrafos anteriores, y también que para el presente caso es de suma importancia saber si el color de los granitos mencionados es inalterable sometido á la acción de los agentes atmosféricos, seguí los tres métodos indicados. Para esto, después de visitar y estudiar las canteras, procuré conocer las construcciones en las cuales se han empleado los granitos de las mismas canteras, y otros semejantes. Con este objeto estuve en varios edificios de Nueva York, Washington y Nueva Orleans, así como en los cementerios de Brooklyn, San Louis Missouri y de Nueva Orleans. Después, para confirmar las conclusiones alcanzadas por la observación y estudios hechos en las canteras y en los edificios y monumentos visitados, hice los experimentos de laboratorio. Estos últimos los ejecuté en México, en el Instituto Geológico Nacional.

Terminadas mis observaciones y los experimentos relativos á la duración y alterabilidad de los granitos mencionados, paso á indicar los resultados del estudio que hice de esas rocas, dividiendo este escrito en cuatro partes. Primero haré una ligera descripción geológica de la región estudiada; después indicaré los datos obtenidos al visitar las canteras; luego, mencionaré las observaciones que hice en distintos edificios y monumentos en los cuales se encuentran los

granitos mencionados; y por último, describiré los experimentos á que fueron sometidos esas rocas, indicando los resultados obtenidos.

Para completar el estudio de estos granitos deberán hacerse las pruebas de resistencia á la ruptura, tanto de los ejemplares de roca inalterada, como de la alterada que resulte al someter esas rocas á cambios bruscos de temperatura, de acuerdo con el procedimiento adoptado para esta experimentación.

BOSQUEJO TOPOGRÁFICO Y GEOLÓGICO DE LA REGIÓN.

Hacia la parte Norte-Oriente de la Unión Americana se encuentran los Estados de New Hampshire y Maine, situado el primero al Poniente del segundo, siendo los dos colindantes.

En la parte Norte del Estado de New Hampshire se levantan grupos de montañas, los cuales se extienden: al Este para la frontera con el Estado de Maine; al Poniente para el valle de Connecticut; hacia el Norte, para los ríos Androscoggin y Upper Ammonoosuc; y al Sur hacia Plymouth. De estos grupos de montañas, el del Poniente es conocido con el nombre de Franconia Mountains, y el del Este se denomina White Mountains. Estas montañas se levantan sobre una planicie que tiene 500 metros de altura sobre el mar, y alcanzan en el monte Washington, que es el cerro más elevado en esa región, una altura de 2100 metros, también sobre el nivel del mar.

Los paisajes que se presentan al viajero que visita estos lugares son verdaderamente hermosos; pues el relieve del terreno es muy variado, y todas esas montañas están cubiertas por exuberante vegetación.

Tanto en las White Mountains y los Green Hills, como en los alrededores de Albany y North Conway ó más al Sur por Concord, afloran los granitos, razón por la cual se ha llamado Estado del granito al de New Hampshire.

Los afloramientos de la roca anterior continúan hacia el Este para Maine, que es el Estado de la Unión Americana que produce mayor cantidad de granito anualmente.

En la parte Sur del Estado de Maine se encuentran muchas islas, entre las cuales mencionaré á las siguientes: North Haven, Vinal Haven, Deer, Swan, Placencia, &c. Casi todas estas islas están cubiertas por la vegetación, y entre ellas el oleaje es muy suave; de tal suerte, que al navegar en esta parte del Atlántico parece que se surcan las aguas tranquilas de un lago, en el cual se hallan multitud de islas y de pequeños islotes que lo embellecen, proporcionan-

do así al viajero esta parte de la Nueva Inglaterra, el paisaje más hermoso que pudiera sugerir la fantasía del mejor artista.

Al Norte de estas islas, y casi de Norte á Sur, desciende por Bangor el río Penobscot, (Lám. XXIII) navegable, y en las márgenes del cual se encuentran cortes muy interesantes para la observación del geólogo.

En varias de las islas mencionadas afloran los granitos, y como los que se hallan en estos lugares presentan para su explotación la gran ventaja de poder abrir canteras casi en la orilla del mar, los granitos de estas islas son los que de preferencia han llamado la atención del industrial, no obstante que en Conway y Connecticut, por ejemplo, hay granitos de mejor calidad y coloración.

* * *

No es mi propósito hacer ahora una descripción detallada de la geología de la región, porque mi estancia en ella fué muy corta para poder obtener todos los datos, y hacer todas las observaciones necesarias para hacer una descripción geológica detallada. Por lo tanto, me limitaré á hacer un bosquejo geológico, con los datos que pueden obtenerse al hacer por aquellos lugares una rápida expedición. Además, para el objeto del presente estudio no es indispensable esa detallada descripción, la cual podrá encontrar el que lo desee, estudiando las publicaciones geológicas de Hitchcock (1), relativas á New Hampshire, y las de Otis Smith y Dale, (2), referentes las últimas al Estado de Maine.

En la mayor parte de la región de que me ocupo afloran pizarras arcillosas cámbricas, metamorfoseadas en muchos lugares por intrusiones graníticas. El rumbo medio de estas pizarras es Norte-Oriente, con echado hacia el Norte-Poniente generalmente.

Los granitos que cortaron, inyectaron y metamorfosearon á las pizarras anteriores, son muy antiguos; pero por falta de mejores datos no ha podido fijarse su edad con toda exactitud. Sin duda los referidos granitos son posteriores á las pizarras cámbricas que cortan é inyectan; pero son muy anteriores á las dioritas terciarias, que en forma de diques cortan á los granitos mencionados.

(1) C. H. Hitchcock. The Geology of New Hampshire. Concord 1878.

(2) George Otis Smith. The Granite Industry of the Penobscot Bay Quadrangle, Maine. Bull. U. S. Geol. Surv. Serie A. Economic Geol. Num. 260, pag. 489.

F. Nelson Dale. The Granites of Maine. Bull. U. S. Geol. Surv. Serie A. Economic Geol. Núm. 313. 1907.

En varios lugares, sobre todo en la parte alta de los cerros situados al Norte de Conway, se observa la inyección del granito en las pizarras. En varias partes se ven pedazos de pizarra de diferentes tamaños, algunos muy grandes, cementados por el granito, formando una especie de brecha.

El magma granítico intrusivo se enfrió y cristalizó en aquella región abajo de la superficie del terreno, y á una profundidad variable en distintos lugares, cubierto por las pizarras cámbricas ya mencionadas. Las condiciones de enfriamiento á las cuales estuvo sometido el magma, variaron sin duda de un lugar á otro, aún cuando la cristalización se verificó en todas partes á la profundidad. Ese cambio de condiciones dió por resultado que el granito sea de textura variable en distintas partes de la misma región. En efecto, en unos lugares el granito es de grano grueso, en otros el grano es mediano, y en otros fino.

Cristalizado ya el granito, tanto en las fracturas de las pizarras, como entre los planos de separación de estas últimas, y en general en todos los lugares en que pudo penetrar en la pizarra el magma granítico, la mencionada roca intrusiva quedó sujeta junto con las pizarras á todos los esfuerzos orogénicos. Las acciones tectónicas en combinación con fuertes presiones laterales plegaron á las pizarras, y con ellas se movieron también los granitos, que cortaban é inyectaban á las mismas pizarras.

El granito intercalado en las capas de pizarra se fracturó por contracción al enfriarse; pero el principal período de su agrietamiento, fué sin duda cuando estuvo sometido á las fuerzas compresoras que plegaron á las pizarras. Por este motivo se formaron en el granito fracturas exokinéticas y de presión, unas verticales, y otras onduladas casi horizontales. Estas últimas dividieron el granito en bancos más ó menos paralelos á las capas de pizarra, y permitieron también los deslizamientos mutuos de estos bancos. En la actualidad, aunque en pequeña escala, se observan todavía en algunas canteras de esa región, según me informaron, movimientos debidos á una fuerza compresora que hace mover horizontalmente á los bancos de granito, hasta cerrar pequeñas fracturas abiertas artificialmente.

Las grietas onduladas y de poca pendiente fraccionaron al granito intrusivo en bancos de sección lenticular ó en forma de cuña, como se ve en las láminas VIII, XVI y XVII, bancos que á veces se hallan ondulados figurando pliegues pseudo-anticlinales, como se ven en las láminas XVI y XVII. Las fracturas verticales, combinadas con las ondu-

ladas anteriores, dividieron al granito intrusivo en prismas más ó menos irregulares y de dimensiones muy variables, como se ven en las láminas XI, XIII, XIV, XV, XVII y XX.

En un período posterior de actividad ígnea en la región, y viniendo probablemente del mismo magma granítico diferenciado, se formaron la diorita, (conocida en esos lugares con el nombre de granito negro) la diabasa, el gabbro, la aplita, &c., rocas intrusivas que cortan á los granitos antes mencionados formando diques de espesor variable. En la cantera Red Stone, en New Hampshire, pude observar una de esas vetillas de aplita, roca de gran finura y escasa en mica, que corta al granito rosado del tipo Conway que mencionaré después.

El metamorfismo de las pizarras, debido á la intrusión de las rocas ígneas anteriores, se extiende á distancias variables de estas últimas rocas. Así, en unos lugares, la zona de contacto se extiende solamente á un metro de distancia; y en otras partes, como en Rockland, la misma zona es muy ancha, á veces mucho más de un kilómetro.

La erosión muy enérgica, á la cual es debido principalmente el actual relieve del terreno en la región de que me ocupo, ha descubierto al granito en varias partes de los Estados de New Hampshire y Maine, como se ve en las láminas VI y VII. (1) En todos estos afloramientos el granito se encuentra en bancos, los cuales son á veces más gruesos á medida que la profundidad aumenta, y en otros casos sucede lo contrario, como por ejemplo en la cantera Leahy. (Véanse láminas VIII y IX). Más tarde, la erosión seguirá descubriendo al granito en otros lugares, quitando la pizarra que lo cubre, y seguirá aumentando por lo tanto el número de afloramientos de esa roca en los dos Estados mencionados de la Unión Americana.

Todos los granitos de la región de que me ocupo pertenecen probablemente al mismo gran período de actividad ígnea; pero, como dije antes, las condiciones de enfriamiento del magma fueron sin duda muy diversas á distintas profundidades; y esta diferencia de condiciones motivó diferentes texturas del granito, y el que ahora puedan distinguirse varios tipos de esta roca en esa región.

Hacia la parte Sur del Estado de New Hampshire, principalmente en los alrededores de Concord, se encuentra en abundancia

(1) Estas láminas VI y VII fueron copiadas: la primera del estudio de Hitchcock, y la segunda del de Dale, estudios ya citados en este escrito.

un granito de muscovita y biotita, de color claro, de grano fino, y con cuarzo claro que contiene cristales de rutilo.

En los alrededores de Albany, lugar situado al Sur de las White Mountains y al Poniente de Conway, se encuentra un granito de mica y hornblenda, de estructura porfirítica, conteniendo grandes cristales de orthoclasa diseminados en una pasta de grano fino. Este granito es de color claro, muy duro, de mucha duración, y se le ha llamado traquítico por tener alguna semejanza con la roca llamada traquita.

En las cercanías de Conway, y en los Green Hills principalmente, hay un granito de biotita, por lo general de grano grueso, escaso en mica, y en el cual el feldespato dominante es una orthoclasa roja ó rosada. Este granito contiene también plagioclasa, su cuarzo es de color gris de humo y por lo general se desintegra fácilmente. Una variedad de estos granitos, como el que se encuentra en el cerro llamado Percy, es muy rojo; y otros son de un rojo claro ó rosados.

En Maine, principalmente de la isla Vinal Haven para el islote Deer, hay un granito de biotita y hornblenda, generalmente de color gris claro, aunque en algunos lugares aislados, como sucede en el islote Deer, el color del granito es rosado. Por lo general, en esta roca se encuentran en pequeña cantidad los elementos negros (biotita y hornblenda), el cuarzo es claro, y el granito no es de grano grueso, sino fino, ó de grano medio más comunmente.

Los granitos del tipo Concord afloran alrededor de este lugar en una área que al Norte se extiende para Plymouth, al Sur para Manchester, al Este hacia Farmington, y al Poniente por Sunapee.

Los granitos del tipo Conway ocupan mayor extensión que los del tipo Albany. Estos últimos se encuentran en los alrededores de Albany principalmente, y los del tipo Conway afloran desde el valle del Pemigewasset para los Green Hills en una dirección, y en la otra de Sugar Loaves en Carroll, para Tamworth. El granito de grano grueso del tipo Conway, con muy poca mica, se encuentra: en la base del cerro Pequawket, en Chocorua, en el valle del río Swift, en Conway y en North Conway. En la cantera que visité en Conway, el granito rosado se encuentra solamente en la parte superficial, y á la profundidad es de un color gris claro, cambio de coloración que, según informes que me fueron proporcionados, es bastante común en las canteras de esa región.

* * *

La descripción geológica anterior conduce á las siguientes conclusiones industriales:

Los granitos de New Hampshire y Maine ocupan una extensión muy grande; y á medida que la erosión vaya haciendo desaparecer á las capas de pizarra que cubren al granito, irá aumentando el número de afloramientos de esta última roca.

En todas las canteras de esa región el granito se encuentra en bancos más ó menos gruesos, cortados por fracturas verticales que los dividen en prismas de dimensiones variables. Cuando los bancos son gruesos, y están muy separadas entre sí las fracturas verticales, se pueden obtener grandes blocks; pero en caso contrario solamente resultarán blocks chicos. Es decir, que no todas las canteras de esa región podrán producir blocks de grandes dimensiones.

El color más común de los granitos estudiados es el gris claro, tanto en los alrededores de Concord y Albany, como en Maine. El granito de color rojo obscuro es bastante escaso, y el de color rojo claro ó rosado se encuentra únicamente en lugares aislados en algunas canteras de Maine; y por lo general sólo en la parte superior de las canteras de Conway. Por lo tanto, es fácil proporcionar gran cantidad de granito de color gris claro; pero se dificultará obtener de esa región gran cantidad de granito de color rojo obscuro, ó rosado de un tinte uniforme.

Todos los granitos de la región de que me ocupo pertenecen probablemente al mismo período de actividad ígnea, pero varía mucho su textura, color y duración. Por lo tanto, aún cuando todos esos granitos son de la misma época geológica, su calidad varía mucho, y por consiguiente varía mucho también su valor comercial.

ESTUDIO DE LAS CANTERAS.

CANTERA LEAHY.

En el Estado de New Hampshire, á 88 kilómetros al NW. de Portland, en el Ferrocarril Maine Central, se encuentra la Estación llamada Conway. Al Sur de esta Estación, y á una distancia de seis kilómetros aproximadamente, está la cantera de granito conocida con el nombre "Leahy." Hasta el lugar en que se encuentra esta cantera llega un ramal del ferrocarril antes mencionado, y por esta vía se remiten los blocks de la cantera para Portland, en donde se les embarca con destino á Boston, Nueva York, etc.

La cantera Leahy se halla en uno de los últimos contrafuertes desprendidos de las White Mountains hacia el Sur-Oriente, y está un poco más elevada que la Estación Conway, del ferrocarril mencionado.

El granito en esta cantera está cortado por fracturas onduladas con ligera pendiente general hacia el Sur, fracturas que tienen el origen ya mencionado, y que dividen el granito en bancos de distintos gruesos. *Estos bancos tienen la forma de cuñas ó de lentes, como se puede ver en las láminas VIII á XII.*

En la parte oriental de la cantera Leahy, y casi en la superficie del terreno está el banco más grueso descubierto en esa cantera. Este banco tiene la forma de una cuña. Hacia el Norte es de poco grueso y para el Sur el espesor del banco aumenta hasta alcanzar doce metros. En la lámina VIII adjunta se ve la parte más delgada del banco mencionado, el cual está separado del inferior menos grueso, por una fractura ligeramente inclinada hacia el Sur, como se ve en la misma lámina VIII. La lámina IX representa la parte Sur del mismo banco, que es la menos agrietada. En esta lámina IX se observa, además, como en la VIII, que el banco situado abajo del anterior, es mucho menos grueso, lo cual es una prueba de que en esa región no siempre son más gruesos los bancos más profundos, sino que puede suceder, como lo demuestran las dos láminas mencionadas, que los bancos más profundos sean más delgados que los superficiales.

Solamente en la parte oriental de la cantera Leahy se encuentra un banco grueso de granito, el ya mencionado en forma de cuña; pues hacia el Poniente en la misma cantera los bancos son muy delgados, como puede verse en las láminas X y XI. Estos bancos delgados están separados uno de otro por fracturas con pendiente muy pequeña hacia el Sur.

Para que una cantera pueda producir blocks de grandes dimensiones es indispensable, como dije antes, que la roca esté muy poco agrietada; pues á medida que aumenta el número y sistemas de fracturas que cortan á la roca, los blocks prismáticos en que queda dividida esta última son más pequeños é irregulares. De esto resulta que el valor de una cantera depende de los sistemas de fracturas que dividen á la roca en blocks prismáticos, y que este valor aumenta á medida que la roca está menos agrietada. A la profundidad el número de grietas disminuye; pero debe tenerse siempre en cuenta que estas fracturas no concluyen realmente en donde desaparecen á la simple vista, sino que esos planos estructurales continúan á ma-

yor profundidad, hacia donde la simple vista no los descubre, pero que más tarde aparecen cuando los blocks de piedra están ya colocados en las construcciones.

Los sistemas de grietas que cortan á las rocas deben estudiarse con atención en las canteras, pues de este modo se llega á conocer la dirección de los pseudo-cruceros, ó planos de menor resistencia en las rocas, planos que son casi siempre paralelos á las fracturas del sistema mejor desarrollado en la localidad.

En la cantera Leahy se observan dos sistemas de fracturas, casi ortogonales é igualmente desarrollados. Uno de estos sistemas tiene rumbo de 35° N. E. y el otro es de 65° N. W. Las fracturas de estos dos sistemas son casi verticales, como se ve en las láminas VIII y XI.

La distancia que separa á las fracturas anteriores es muy variable. En efecto, en la parte Poniente de la cantera las fracturas mencionadas están bastante cercanas unas de otras, como se ve en las láminas X y XI; y como en esta parte de la misma cantera los bancos de granito son poco gruesos, los blocks que se pueden obtener de allí son de dimensiones relativamente pequeñas, y de la forma que puede verse en las mismas láminas X y XI. En la parte oriental de la cantera Leahy las fracturas de los dos sistemas mencionados están más separadas hacia el Norte, como se ve en la lámina VIII, y son muy escasas hacia el Sur como se ve en la lámina IX. De esta parte oriental de la cantera pueden obtenerse blocks de regulares dimensiones, en la parte Norte representada por la lámina VIII. De la parte Sur, indicada por la lámina IX, se pueden obtener algunos blocks de las dimensiones que se necesitan para las columnas que motivan este estudio; pues el banco de granito tiene en esta parte más de diez metros de grueso, y casi no existen fracturas del sistema 65° N. W. en ese lugar. Sin embargo, los grandes blocks anteriores creo que no serían aceptables como columnas, porque cada block tendría dos colores sensiblemente diferentes.

El granito de esta cantera es de grano grueso, de textura casi uniforme, pero su color es muy variable. En los bancos superficiales el color del granito es rosado ó amarillo pardusco, colores que se hallan en el mismo banco grueso antes descrito, razón por la cual digo que: cada block grande extraído de este banco tendrá por lo general los dos colores mencionados. Hacia abajo, los bancos de granito en la misma cantera son de color gris claro. Estos cambios de color se observan también en las cercanías de las grietas que cor-

tan al granito, tanto las que lo dividen en bancos, como las verticales que cortan á estos bancos. Cerca de todas estas fracturas el color del granito es pardusco, más lejos es amarillento, y después rosado. Es decir, que el color general del granito en esta cantera no es uniforme, sino que varía del gris al rosado y al amarillento.

En algunos lugares, los elementos negros constitutivos del granito (biotita y hornblenda) se han agrupado formando manchas negras, "nudos" de diámetro variable entre 3 y 10 centímetros según los datos que pude obtener en esta cantera. Esas manchas no son muy comunes en los granitos de la cantera Leahy.

En la cantera de que me ocupo no se encuentran diques de aplita, ni venas de cuarzo, ni geodas rellenas por cuarzo, ni inclusiones de pizarras.

El granito desde la superficie del terreno hasta poca profundidad, y en las cercanías de las grietas, sobre todo de las del sistema 35° N. E., está completamente desagregado.

La dirección del pseudo-crucero más fácil ("rift") del granito, en esta cantera es de 65° N. W.

Para que un granito pueda quedar bien pulido, y el buen lustre que adquiriera sea duradero, es necesario que contenga gran cantidad de elementos duros, cuarzo y feldespatos, principalmente del primero; y que la mica no se encuentre en gran cantidad, sobre todo, que el granito no tenga grandes láminas de mica. Estas últimas, cuando no son paralelas al canto de la piedra, permanecen opacas; y además, el crucero fácil de la mica permite la entrada al agua de lluvia, la cual origina una rápida desintegración de este mineral. En cambio, cuando las láminas de mica son muy pequeñas, su desintegración no es tan fácil, ni son nocivas para que el granito adquiriera muy buen pulimento.

En el caso de que me ocupo puedo decir que: el granito de la cantera Leahy contiene gran cantidad de elementos duros, sobre todo cuarzo; y que la mica se encuentra en corta cantidad, y en láminas pequeñas. Este granito alcanza por lo tanto muy buen pulimento, y este último según las indicaciones anteriores es muy duradero. En vista de esto, y como la mayor parte del agua de lluvia se desliza en las superficies pulidas de las piedras, lo cual disminuye el peligro de desintegración de las mismas piedras, puede decirse que: *el granito de la cantera Leahy es de más duración que los granitos de grano grueso que tengan mayor cantidad de mica y menor de cuarzo.*

Como conclusiones relativas á esta cantera puedo indicar, en vista de los datos anteriores, las siguientes:

Del banco grueso situado en la parte oriental de la cantera Leahy, láminas VIII y IX, podrán extraerse algunos blocks de granito de las dimensiones que deben tener las columnas del Palacio Legislativo Federal; el granito es de grano grueso, de textura más ó menos uniforme, con pocas manchas de pequeñas dimensiones, y adquiere muy buen pulimento; pero varía mucho el color general del granito, de tal suerte, que cada block resultaría de dos colores, siendo la diferencia de estos colores bastante notable.

Teniendo en cuenta lo anterior creo que: no es de aceptarse la cantera Leahy, de New Hampshire, para hacer de ella la extracción de una parte de las columnas monolíticas que se destinan para el Palacio Legislativo Federal.

CANTERA RED STONE.

En el Estado de New Hampshire, á tres kilómetros al Norte de la Estación North Conway del Ferrocarril Maine Central, se encuentra la cantera de granito conocida con el nombre de "Red Stone." Un ramal del ferrocarril anterior llega hasta la cantera, la cual está situada á mayor altura que la Estación North Conway, y se halla en uno de los últimos contrafuertes desprendidos de las White Mountains hacia el Sur-Este. El granito en esta cantera está cortado por fracturas onduladas y de poca inclinación, que lo dividen en bancos más ó menos paralelos á la superficie del cerro, como puede verse en la lámina XIV. Los bancos anteriores son bastante delgados, sobre todo en la superficie del terreno, como se ve en las láminas XIV y XV; y presentan la forma de cuñas, que en las partes más gruesas sólo tienen como un metro de espesor.

Los bancos anteriores están cortados por tres sistemas de grietas. El sistema más desarrollado tiene 35° N. E. de rumbo, y los otros sistemas tienen rumbos 65° N. W., y el menos desarrollado 45° N. E.

Las fracturas de los sistemas 35° N. E. y 65° N. W. se ven con mucha claridad en la lámina XIII. Las primeras están representadas por líneas casi verticales, y las segundas por una serie de planos paralelos al de la lámina XIII.

Los sistemas de fracturas mencionados dividen á los bancos de granito en blocks prismáticos, á veces poligonales, y de dimensiones pequeñas, como se ve en las láminas XIII y XV.

La distancia que separa á las fracturas entre sí, sobre todo á las del sistema mejor desarrollado, que es el de rumbo 35° N. E., no es superior á un metro, y también se encuentran cercanas las del sistema 65° N. W. De esto resulta que: el granito está dividido en la cantera *Red Stone* en blocks pequeños, como se ve en las láminas XIII y XV; y con dificultad se obtendrán de la misma cantera blocks labrados de más de un metro cúbico.

En esta cantera se encuentran diques angostos de aplita, y venas de cuarzo, todos con rumbo 35° N. E. y casi verticales.

La dirección del pseudo-crucero muy fácil del granito en esta cantera es paralelo al sistema de fracturas mejor desarrollado, y á los diques y vetillas que cortan al granito, es decir, que ese pseudo-crucero ("rift") tiene rumbo 35° N. E.

Como dije antes, los bancos de granito son delgados en esta cantera; y por lo tanto, no pueden extraerse de ese lugar blocks de las dimensiones que deben tener las columnas que motivan este escrito. Sin embargo, se dice que más abajo, en la misma cantera, los bancos de granito serán mucho más gruesos. Esto último no puede asegurarse; pues como dije antes, y lo demuestran las láminas VIII y IX, en esa región los bancos más profundos son más delgados que los superficiales en varias canteras, como sucede en la *Leahy*. Además, aún aceptando sin conceder, la exactitud de la afirmación anterior, puede decirse que: no serían aceptables los problemáticos grandes blocks que se extrajeran de la cantera *Red Stone*, para emplearlos como columnas en el Palacio Legislativo Federal. En efecto, el sistema de fracturas mejor desarrollado en esta cantera es el de rumbo 35° N. E., y como estas fracturas se encuentran más cercanas entre sí que las del sistema 65° N. W., no se pueden obtener grandes blocks cuyo eje longitudinal sea normal á la dirección 35° N. E. sino con eje paralelo á esta dirección. Extraídos los blocks de esta manera, el eje de las columnas sería paralelo á la dirección del pseudo-crucero más fácil del granito en esa cantera, es decir, paralelo á la dirección de los planos de menor resistencia de la roca, y no como debe ser normal á estos planos. Podría objetarse á lo anterior diciendo que: hacia abajo las fracturas desaparecerán, y podrán obtenerse las columnas con su eje normal á la dirección del pseudo-crucero más fácil de la roca; pero á esto debe contestarse lo que he

diclio ya, es decir, que esas fracturas no terminan en donde desaparecen á la simple vista sino que continúan á mucha mayor profundidad, y se hacen visibles después de algún tiempo de haber sido extraídas las rocas de la cantera, y muchas veces cuando ya están colocadas las piedras en las construcciones. Además, no puede asegurarse que á la profundidad continúe el granito con su color rosado, sino que es más probable que este color se transforme en gris claro, como sucede en la cantera Leahy, que está abierta en granitos del mismo tipo Conway, como son los de la cantera Red Stone, y no muy distante de esta última. (Véase lámina VI.) Según esto, no puede asegurarse tampoco que serán de un color uniforme los grandes blocks que con poco fundamento se supone poder extraer de un banco que no se ve. Debo agregar que hacia abajo de esta cantera el granito no aflora, sino que está cubierto por las pizarras cámbricas ya mencionadas, y por el material depositado por la erosión.

El granito de la cantera Red Stone es de grano grueso, de textura casi uniforme, de color rosado, y contiene bastante cuarzo ahumado.

El color general del granito de esta cantera no es enteramente uniforme, sino que varía de rosado claro á rosado obscuro. El feldespato dominante es el potásico, y esta orthoclasa tiene un color rosado; el cuarzo es gris de humo; y la poca mica que contiene es negra. En los lugares en donde abunda el cuarzo ahumado y la mica negra el color general de la roca es obscuro; y en cambio, este color es claro en los lugares en que el cuarzo y la mica son escasos relativamente. Además, la mica negra se agrupa en determinados puntos formando manchas negras, "nudos" de dimensiones variables, y que llegan á tener en la cantera Red Stone hasta veinte centímetros de diámetro. Estas manchas motivan sin duda una disminución en el precio de los grandes blocks que se destinan á obras monumentales.

El color rosado del granito se transforma en un amarillo pardusco en las cercanías de las grietas que cortan á esta roca, y en algunos de estos lugares, así como en las cercanías de la superficie del terreno, el granito está completamente desintegrado.

El granito de la cantera Red Stone contiene gran cantidad de elementos duros, y la mica se encuentra en pequeña cantidad y en láminas pequeñas. Por lo tanto, y por las razones que indiqué en otro lugar, este granito adquiere muy buen pulimento, y este último es bastante duradero.

Como conclusiones relativas á esta cantera puedo indicar, en vista de los datos anteriores, lo siguiente:

El granito de la cantera Red Stone es de grano grueso, de textura más ó menos igual, de color rosado que no es completamente uniforme en la cantera, tiene manchas negras hasta de veinte centímetros de diámetro, y adquiere buen pulimento.

En esta cantera el granito está cortado por varios sistemas de fracturas, y como estas últimas se hallan muy cercanas entre sí, no se pueden extraer blocks de las dimensiones que se necesitan para las columnas que motivan este estudio, ni es probable que se obtengan blocks grandes en esa cantera de los bancos más profundos.

Teniendo en cuenta lo anterior creo que: no es aceptable la cantera Red Stone para extraer de ella las columnas monolíticas que se destinan al Palacio Legislativo Federal.

CANTERA BIENVENUE.

La cantera Bienvenue se encuentra en el islote llamado Deer (véase lámina VII), al Este de Rockland, en la parte Sur del Estado de Maine. De la cantera al mar hay una vía férrea que facilita el transporte de los grandes blocks de granito que se extraen de este lugar con destino á Nueva York, Washington, &c.

De la Estación Rockland, del Ferrocarril Maine Central, para las islas Vinal Haven, Stonington, &c., hay establecido un servicio de vapores de la Compañía "Vinal Haven & Rockland STBT." que permite ir á las islas y regresar á Rockland en el mismo día.

En la cantera Bienvenue, que es la más grande y la mejor desarrollada de las tres de que me ocupo, el granito está cortado por grietas onduladas con pequeña inclinación que lo dividen en una serie de bancos curvos, con estructura pseudo-anticlinal, como se ve en las láminas XVI y XVII. Algunos de estos bancos tienen la forma de cuñas, lámina XXI, y otros son lenticulares como se ven en las láminas XVI y XVII.

Casi todos los bancos de granito en esta cantera son bastante gruesos, como lo demuestran las láminas de la XVI á la XXI.

En las láminas XIX, XX y XXI, se ven bancos de granito bastante gruesos, varios metros, y casi superficiales. Arriba de estos bancos se ven otros de menor espesor; y como los bancos representados en estas láminas son más gruesos, y están encima del banco en trabajo

que representan las láminas XVI, XVII y XVIII, puede decirse que: en esta cantera no aumenta el espesor de los bancos á medida que aumenta la profundidad á que se encuentran. Todos los bancos en esta cantera son bastante gruesos, pero como se ve claramente en las láminas XVI y XVII, se encuentran bancos de menor espesor intercalados entre otros muy gruesos, y curvos por lo general.

Los bancos anteriores están cortados por fracturas casi verticales, con rumbos E. W. y 40° N. W., pero son muy escasas en la cantera Bienvenue. En la lámina XX se ve una de estas fracturas casi verticales; pero las láminas XVI, XVII, XIX y XXI demuestran que los granitos de la cantera Bienvenue forman gruesos bancos escasamente agrietados.

Las láminas XVI, XVII y XVIII muestran las diversas operaciones que se hacen para extraer y fraccionar un gran block de granito. La fotografía XVIII la tomé de arriba hacia abajo, y da una idea de los grandes blocks que pueden extraerse de esta cantera.

No se ven en este lugar diques ni vetas que corten al granito, ni tiene éste geodas rellenas de cuarzo, ni hay capas de arena arcillosa intercaladas entre los bancos de granito, como sucede en otras canteras del Estado de Maine.

Encontrándose en la cantera Bienvenue varios bancos de mucho más de un metro de espesor, y estando muy separadas entre sí las pocas fracturas que cortan á estos bancos, puede asegurarse que de esta cantera se pueden extraer todos los blocks que se necesitan para las columnas del Palacio Legislativo Federal, con las dimensiones de 1.10 metros de diámetro por 9.30 metros de altura de fuste. En el presente caso es fácil y fundado hacer la afirmación anterior, porque la cantera está ya muy desarrollada, y se encuentran descubiertos muchos bancos gruesos de considerable extensión.

El granito de esta cantera no es de grano grueso, como el de las canteras Leahy y Red Stone, sino que es de grano mediano ó fino. Su color es ligeramente rosado, pasando á amarillo pardusco. Como este último color es debido á la alteración de la roca, alteración que no es uniforme en toda la cantera, el color general del granito varía un poco en distintas partes de la cantera: en unas es algo más rosado que en otras, en las que domina el color amarillo pardusco. Además, en este granito la plagioclasa es blanca y la orthoclasa rosada, la mica es de color negro y el cuarzo es blanco. La diferencia de color de los dos feldespatos, y las variaciones en la cantidad de mica biotita y en el tamaño de las láminas de este mineral, producen un

contraste más ó menos marcado de claro obscuro, y algunas diferencias en el color general de la roca.

Desde la superficie del terreno hasta algunos metros de profundidad, y en las cercanías de las fracturas mencionadas, el color general del granito es el amarillo pardusco, lo cual indica que el color rosado de este granito se cambia en amarillo por la acción de los agentes atmosféricos. Este cambio de color lo observé también en varias construcciones, como diré después, y el mismo cambio de color se obtuvo al someter el granito á la acción de oxidantes fuertes.

Las manchas negras "nudos," debidas principalmente como he dicho ya á la agrupación de la mica biotita en determinados puntos, no son muy abundantes en el granito de la cantera Bienvenue, ni son muy grandes allí; pero resaltan mucho más que en los granitos de las canteras Leahy y Red Stone, porque en lo general es de color más claro el de la cantera Bienvenue que el de las dos anteriores.

El granito en esta cantera está poco desagregado, tanto en la superficie del terreno como en las cercanías de las fracturas. Esta poca desagregación indica que el granito de la cantera Bienvenue es de mayor duración relativa que los granitos de las dos canteras antes descritas.

El granito de la cantera Bienvenue contiene menos cantidad de cuarzo que el de las canteras Leahy y Red Stone, y aún cuando la mica se encuentra también en corta proporción y en láminas pequeñas, el granito de la cantera Bienvenue no adquiere tan buen pulimento como los otros granitos mencionados, los cuales tienen mayor cantidad de elementos duros que el granito de la Bienvenue.

* * *

Como conclusiones relativas á esta cantera puedo indicar, en vista de los datos anteriores, las siguientes:

El granito de la cantera Bienvenue es de grano mediano ó fino, de color general variable entre el rosado claro y el amarillo pardusco, tiene manchas negras aunque escasas, y no adquiere tan buen pulimento como los granitos de las canteras Leahy y Red Stone.

El color de este granito se altera con rapidez por la acción de los agentes atmosféricos, transformándose en un amarillo pardusco poco agradable, como el que se observa en las construcciones que mencionaré después, y el que obtuve por métodos artificiales al someterlo en el laboratorio á los experimentos de cambio de coloración.

Esta cantera está muy desarrollada, se encuentran en ella varios bancos de más de un metro de espesor; y como las pocas fracturas que cortan á estos bancos están muy separadas entre sí, puede asegurarse que: de esta cantera se pueden extraer todos los blocks, y con las dimensiones necesarias para obtener las cuarenta columnas que motivan este estudio.

No obstante lo anterior, y como el granito de esta cantera no satisface las condiciones impuestas por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, pues no son grandes los cristales del granito sino pequeños, y no es fijo el color general de esta roca, creo que: no es aceptable la cantera Bienvenue para extraer de ella las columnas destinadas al Palacio Legislativo Federal.

ESTUDIO DEL GRANITO EN LAS CONSTRUCCIONES.

En Nueva York visité la Catedral de St. John le Divine, en donde se encuentran las grandes columnas de granito rosado, extraídas de la cantera Palmer. Las dimensiones de estas columnas son: dos metros de diámetro por treinta metros de altura de fuste. Nada pueden indicar estas columnas respecto á la duración y alterabilidad del granito, porque hace muy poco tiempo que fueron extraídas de la cantera, y no se encuentran actualmente á la intemperie; pero sí son un ejemplo notable de la magnitud de los blocks de granito que pueden extraerse de las canteras situadas en la parte Sur del Estado de Maine. Uno de estos grandes blocks está tirado cerca de la cantera Palmer, y puede verse en la lámina XXII.

En la calle Wall en Nueva York ví varios edificios con fachadas de granito, entre ellos la antigua Aduana, y pude observar el cambio de color que ha experimentado esa roca por la acción de los agentes atmosféricos. El granito en los lugares en que ha podido estar algo resguardado, como sucede en la parte interior de los marcos de las puertas, tiene un color distinto y más claro que el del resto de la fachada.

El mismo cambio de coloración se observa en la fachada de granito de color rojo claro, del Museo de Historia Natural de Nueva York. El granito con el cual se construyó esa fachada, que es la del lado Poniente del edificio, procede de las canteras de la Compañía Picton Island, canteras de las cuales según me informan se pueden extraer blocks de todas dimensiones.

El granito que se encuentra en el pedestal de la Estatua de la Libertad, en la isla Bedloe cerca de Nueva York, también ha cam-

biado de color, sobre todo en las cercanías de las juntas de las piedras, en donde el granito ha tomado un color amarillo pardusco. Lo mismo se observa en la tumba del General Grant, que está en la margen izquierda del río Hudson en Nueva York.

En Nueva York, en la esquina de la calle 42 y la Avenida Madison, está el hotel Manhattan. En la entrada de este hotel por la calle 42 hay unas columnas de granito que se dice fueron extraídas de la cantera Bienvenue; y en la entrada al mismo hotel por la calle 43 hay también columnas extraídas de esa cantera. Las de la calle 42 han estado durante doce años á la acción de los agentes atmosféricos, y las de la calle 43 tienen mucho menos tiempo de estar á la intemperie. Pues bien, estas últimas son ahora de un color rosado claro, y las de la calle 42 están ya de color pardusco. Este es un buen ejemplo de la rápida alteración que sufre el granito de la cantera Bienvenue.

También en Nueva York, en la esquina de Broadway y la calle 38, se encuentran dos columnas de granito, una de cada lado de la puerta que da entrada á una botica. En la columna del lado Poniente se encuentra una placa de metal, figurando un mortero y con la inscripción "Fine Chemicals." Esta placa está adherida á la columna por dos cinchos también de metal. Los cinchos con la placa deslizaron en la columna bajando, y en el lugar que ocupaban primero los referidos cinchos se ven ahora en la columna de granito dos anillos de color diferente al del resto de la columna. Estos anillos son de un color rosado claro, y el resto de la columna es de un amarillo pardusco. Este es otro ejemplo y muy notable del cambio de coloración del granito rosado por la acción de los agentes atmosféricos. En efecto, en la parte que cubrieron los cinchos metálicos se conservó el color primitivo del granito; y al bajar esos cinchos, el color primitivo contrasta de una manera muy notable con el color que ha tomado el mismo granito por la acción de los agentes atmosféricos.

Como un ejemplo de desintegración del granito de buena calidad en el clima de Nueva York puedo citar el obelisco que se halla en el Parque Central, obelisco que se está desintegrando con relativa rapidez.

Tanto en el Departamento del Tesoro, y en el de Guerra y Marina en Washington, como en la Escuela Naval en Annapolis, se pueden ver las grandes columnas de granito gris claro procedentes

de las canteras de Maine, y que son ejemplos de los grandes blocks que pueden extraerse de esas canteras.

En Washington, en la esquina de las calles 14 y G, se encuentra una casa de comercio llamada "Colorado," y en la fachada de esta casa se ven blocks y columnas de un granito rojo obscuro, de grano grueso, y en el cual no se observa alteración alguna. Este granito procede de la cantera Jonesport en Maine, y es verdaderamente hermoso.

En las colecciones del Museo Nacional de Washington ví ejemplares de granito de color rojo y de grano grueso, granitos también muy hermosos.

En los cementerios de Brooklyn, St. Louis Missouri y Nueva Orleans, hay muchas tumbas de granito rojo por lo general: pero que no son suficientemente antiguas para poder juzgar por ellas acerca de la alterabilidad, cambios de color y duración de los referidos granitos.

Reuniendo los datos que por diferentes conductos obtuve, puedo citar las siguientes canteras de granito, de color rojo y de grano grueso, de algunas de las cuales según me informaron pueden extraerse blocks de grandes dimensiones. En el Estado de Maine citaré las canteras: Jonesport, Black Island, Mount Desert, Marshfield, y sobre todo, las llamadas Red Beach, cerca de Calais, y la Jonesborough, que se hallan en granitos muy hermosos. En Connecticut citaré las canteras: Stony Creek, Leetes Island, y sobre todo, la Lyme, de donde se extrae un granito rojo más hermoso que los célebres granitos escoceses de Peterhead. Otro granito de los más hermosos es el de las canteras de Grindstone Island, en el río St. Lawrence.

Como conclusión de esta parte de mi estudio puedo decir lo siguiente: No encontré edificios ó monumentos suficientemente antiguos para conocer la alterabilidad y cambio de coloración de esos granitos durante los tiempos históricos.

EXPERIMENTOS EN EL LABORATORIO.

El objeto de los experimentos á que se someten las rocas cuando se desea emplearlas como material de construcción, es determinar por métodos artificiales la resistencia de esas rocas á las fuerzas destructoras, y conocer la alterabilidad y duración de las mismas rocas. Estos experimentos son enteramente indispensables en casos como

el presente, cuando no se encuentra empleada en construcciones suficientemente antiguas la roca que se estudia.

Una de las causas más poderosas de desintegración de las rocas es el cambio brusco de temperatura, sobre todo cuando ésta desciende hasta la de congelación del agua. Por este motivo siempre que se trata de elegir rocas para material de construcción en determinado lugar, hay necesidad de estudiar las condiciones climatológicas de ese lugar, sobre todo las variaciones de temperatura tanto diurnas como anuales. En un clima uniforme y seco, con temperatura siempre inferior á la de congelación del agua, los materiales de construcción se alteran mucho menos que cuando el clima es húmedo, y bruscos los cambios de temperatura. Estos cambios ejercen mucha mayor influencia sobre las rocas ígneas que sobre las sedimentarias. En efecto, las rocas ígneas, como el granito, se componen de minerales que tienen distintos coeficientes de dilatación; y por lo mismo, un cambio de temperatura origina contracciones ó dilataciones distintas de los diferentes elementos constitutivos de esas rocas, movimientos estos que destruyen parcial ó totalmente la cohesión de las partículas que forman la roca y ésta se agrieta, ó se transforma en arena ó polvo cuando la adhesión entre las partículas es destruída por completo.

Como dije antes, el descenso de la temperatura hasta la congelación del agua influye de una manera notable en la desintegración de una roca, sobre todo cuando los poros de esta última son subcapilares. En este caso, el agua de lluvia penetra con dificultad en la roca, sobre todo cuando la piedra está pulida, lo cual permite que la mayor parte del agua se deslice por esa superficie pulida, pero con el tiempo los poros subcapilares, situados en las cercanías de la superficie de la roca expuesta á la intemperie, se llenan de agua por completo. Esta agua que con dificultad y lentitud ha penetrado en la parte superficial de la roca difícilmente sale de los poros subcapilares; y si cuando estos se encuentran completamente llenos de agua, aunque el interior de la piedra no esté saturado, la temperatura desciende hasta congelar esa agua, la piedra se agrieta ó se desmorona en la superficie. En efecto, el agua al congelarse aumenta de volumen en la proporción de 100 á 109, y ejerce una presión de 23 toneladas por centímetro cuadrado sobre las paredes de la cavidad que llena. Esta presión agrieta á la piedra y la desintegra en la parte superficial expuesta á la intemperie, aunque el agua no penetre al interior de los blocks.

Cuando los poros de la roca no son capilares, el agua penetra con facilidad, pero también con facilidad puede salir. Por lo tanto, rocas con poros grandes son de mayor duración que las rocas de poros subcapilares; porque las primeras no retienen el agua que absorben, y los poros no se llenan de agua por completo. Según esto, el peligro no está en la capacidad de absorción de una roca, sino en el tamaño de su poro; y ese peligro aumenta á medida que son más subcapilares estos poros y los inviernos más fríos. Por esto es que son más fácilmente alterables por los cambios bruscos de temperatura los granitos que las areniscas, no obstante que la porosidad de estas últimas, ó sea la proporción de espacios vacíos contenidos en esta roca sedimentaria, es de 10 á 15%, y en los granitos no excede la porosidad del 1%. Lo anterior se explica fácilmente porque en las areniscas los poros son grandes, y en los granitos son subcapilares.

Lo anterior explica la gran importancia que tiene conocer la porosidad de una roca, ó sea, la relación entre el espacio vacío comprendido en la roca y el volumen del ejemplar sometido á la experimentación. En el caso de que me ocupó, determiné el peso específico y la porosidad de los granitos de las canteras Leahy, Red Stone y Bienvenue, por los procedimientos empleados en la Universidad de Wisconsin, y obtuve los siguientes resultados:

Granito de la cantera.

	Leahy.	Red Stone.	Bienvenue.
Peso específico	2.64	2.63	2.63
Porosidad	0.34%	0.36%	0.56%
Capacidad de absorción....	0.13%	0.14%	0.21%
Relación de los pesos del agua absorbida y del granito seco	0.13%	0.14%	0.21%

Los datos anteriores relativos á la porosidad prueban lo muy compactos que son los granitos analizados, y lo muy pequeños que son sus poros. Además, los mismos datos de porosidad indican que son menos subcapilares los poros del granito de la cantera Bienvenue, que los del granito de las canteras Leahy y Red Stone, es decir, que estos últimos en relación con el anterior son más fácilmente desintegrables por la acción de los cambios bruscos de temperatura. Esta conclusión experimental está de acuerdo con el hecho bien conocido de que los granitos de grano grueso son más fácilmente desintegrables que los de grano fino; pues los granitos de las canteras

Leahy y Red Stone son de grano grueso, en tanto que es de grano mediano ó fino el granito de la cantera Bienvenue.

Como comprobación del resultado experimental anterior, sometí los granitos de las tres canteras estudiadas á cambios bruscos de temperatura, por el sistema adoptado para esta experimentación, obteniendo los siguientes resultados: Los granitos de las canteras Leahy y Red Stone se agrietaron mucho más que el granito de la cantera Bienvenue, y la pérdida de peso de los ejemplares sometidos á la experimentación fué la siguiente:

	Granito Leahy.	Granito Red Stone.	Granito Bienvenue.
Pérdida de peso por			
cambios bruscos			
de temperatura --	0.50%	0.16%	0.02%

Los resultados anteriores son una prueba más de que los granitos de las canteras Leahy y Red Stone son más fácilmente desintegrables que el de la cantera Bienvenue, es decir, que el granito de las dos primeras canteras mencionadas es de menor duración relativa que el de la llamada Bienvenue.

Los resultados de los experimentos anteriores están de acuerdo con los hechos observados en las canteras; pues como dije en otro lugar: en la cantera Bienvenue el granito está muy poco desintegrado, y en las canteras Leahy y Red Stone, en la parte superficial y cerca de las fracturas, la desintegración del granito es casi completa, hecho que se observa por lo general, como dije ya, con los granitos del tipo Conway.

De los experimentos y observaciones anteriores se concluye que: los granitos de las tres canteras estudiadas se desagregan por la acción de los cambios bruscos de temperatura; y son de menor duración relativa los granitos de las canteras Leahy y Red Stone, que el de la cantera Bienvenue.

En Nueva York se ha calculado en 75 años la duración de los granitos más fácilmente desintegrables. Ahora bien, en Nueva York la variación anual de la temperatura es de 65°.6 C., y en México: la oscilación diaria máxima termométrica al sol es de 27°.2 C., la media general de las temperaturas máximas á la intemperie es de 33°.2 C., y la media general de las temperaturas mínimas también á la intemperie es de 3°.1 C. (1) Por lo tanto, en México la varia-

(1) Datos tomados del Boletín del Observatorio Meteorológico Central del año de 1897. Págs. 16, 39 y 40.

ción de la temperatura es de 30° C. aproximadamente, es decir, menos de la mitad de la variación en Nueva York; y por consiguiente es fundado decir que: en México el granito se desintegra con menor facilidad que en Nueva York, y su duración por lo tanto es mucho mayor relativamente en México que en Nueva York.

Para completar los experimentos relativos á la desintegración de los granitos de las canteras en estudio, los sometí á la acción de una temperatura elevada, 500° C. Los tres granitos se decoloraron, como si el color fuera debido á alguna materia orgánica, y á los cinco minutos de estar á la temperatura mencionada, se agrietaron y se desintegraron por completo. Puede decirse por lo mismo que, como sucede por lo general con los granitos, los de las canteras Leahy, Red Stone y Bienvenue, no resisten á la acción del fuego, no son refractarios, sino que se desintegran por completo en un incendio.

Otra serie de experimentos tuvo por objeto estudiar el cambio de coloración de los granitos mencionados por la acción de los agentes atmosféricos. Con ese objeto hice los experimentos de acuerdo con los métodos de Daly y del Prof. J. A. Dodge. Por el primero no se observó un cambio notable en la coloración; pero por el segundo el cambio fué bastante notable, aun en la parte pulida de los ejemplares. El color rosado de los tres granitos en estudio pasó á ser de un amarillo pardusco. Este cambio de coloración comprueba el observado en las construcciones que mencioné en otra parte de este estudio. Además se observó en este experimento que la mica se alteró en parte, y se produjo una desintegración de los granitos, la cual hizo disminuir el peso de los ejemplares en las siguientes proporciones:

El granito de la cantera
Leahy. Red Stone. Bienvenue.

Perdió de peso por la acción de oxidantes enérgicos, que lo desintegraron parcialmente..	1.34%	1.17%	0.34%	
--	-------	-------	-------	--

El color rosado que tienen los granitos de las canteras Leahy, Red Stone y Bienvenue, parece ser debido á un óxido ferroso que se encuentra en el feldespato potásico. Al aumentar la oxidación del fierro, el color rosado pasa á ser amarillento ó pardusco, como el que se observa en el granito que ha estado sometido á la acción oxidante del aire húmedo en las canteras estudiadas, y en las construcciones que antes mencioné.

Entre los elementos accesorios que contienen las rocas, el carbonato de cal y la pyrita son nocivos cuando se encuentran en cantidad, y la roca se emplea como material de construcción. Es nocivo el primero porque se disuelve en el agua de lluvia que contiene anhídrido carbónico, y la disolución de ese compuesto debilita á la piedra y facilita su desintegración. Es nocivo el segundo porque al oxidarse ocasiona una variación en el color de la piedra. En los granitos de que me ocupo no se encuentra la pyrita, y el carbonato de cal está en muy pequeña cantidad, como se ve por los resultados siguientes:

	El granito de la cantera		
	Leahy,	Red Stone,	Bienvenue.
Contiene cal no combinada con el ácido silíceo, sino con el anhídrido carbónico -----	0.99 %	1.29 %	0.62 %
Contiene carbonato de cal..	1.77 %	2.31 %	1.11 %

Por lo general, los granitos del Estado de Maine E. U. A. contienen, según Dale (Loc. cit.) de 0.14 á 0.43 % de carbonato de cal, y de 0.06 á 0.08 % de carbonato de magnesia. Estas cantidades son demasiado pequeñas, lo mismo que las indicadas para los granitos estudiados; y no pueden considerarse como nocivos los carbonatos anteriores cuando se encuentran en tan pequeñas proporciones.

Antes de concluir esta parte de mi estudio debo decir que fueron estudiados al microscopio en lámina delgada los granitos que motivan este escrito, obteniendo como principales los siguientes resultados.

El feldespato dominante en estos granitos es la orthoclase, la cual se presenta en cristales tabulares, en parte turbios ú opacos por la kaolinización. Los cruceros de este feldespato, están marcados por el kaolín que se ha formado á lo largo de esos planos, los cuales forman una red ortogonal. Hay también en esta roca cristales de feldespato plagioclase. Como producto de alteración del feldespato se encuentra la mica blanca. Como se ve, todos estos granitos se encuentran ya en un período de alteración, pues el feldespato dominante en los referidos granitos, que es la orthoclase, se está transformando ya en kaolín.

Los experimentos y estudios anteriores conducen á las siguientes conclusiones, que todas están de acuerdo con las observaciones hechas en las canteras mencionadas.

Los granitos de las canteras Leahy y Red Stone se desintegran con mayor facilidad relativa que el de la cantera Bienvenue, por la acción de los cambios bruscos de temperatura.

La coloración de los granitos de las tres canteras mencionadas varía con rapidez por la acción de los agentes atmosféricos, transformándose el color rosado en un amarillo pardusco poco agradable.

Todos estos granitos se encuentran en un período de alteración que se revela por el principio de la kaolinización del feldespato dominante en estas rocas.

Cualquiera de los tres granitos se desintegraría por completo y fácilmente en un incendio, pues ninguno resiste á la acción del fuego.

Los granitos de las canteras Leahy y Red Stone, adquieren mejor pulimento que el de la cantera Bienvenue; pero este pulimento no evita en ninguno de los tres, ni la desintegración, ni el cambio de coloración por los agentes atmosféricos.

CONCLUSIONES.

Como resumen de este estudio, y con fundamento en los datos de observación y resultados de la experimentación ya indicados, puedo formular como principales las siguientes conclusiones:

Los granitos de New Hampshire y Maine ocupan una extensión muy grande, y á medida que la erosión vaya haciendo desaparecer á las pizarras cámbrias que cubren al granito, irá aumentando el número y la extensión de los afloramientos de esta última roca.

Todos los granitos de la región parecen ser de la misma época geológica; pero no obstante esto, la calidad de la roca, su textura y coloración, varían mucho. Por lo tanto, varía mucho también el valor comercial de las distintas variedades de granito.

El color más común de los granitos estudiados es el gris claro. El granito de color rojo obscuro es bastante escaso, y el de color rojo claro ó rosado se encuentra sólo en lugares aislados en algunas canteras de Maine, y por lo general en la parte superior únicamente de las canteras de Conway en New Hampshire.

Es fácil proporcionar de las canteras de las regiones estudiadas gran cantidad de granito de color gris claro; pero se dificultará obtener gran cantidad de granito de color rojo obscuro ó rosado de un tinte uniforme, sobre todo en grandes blocks.

Pocas son relativamente las canteras de esa región que pueden proporcionar grandes blocks de granito rojo de grano grueso.

No encontré edificios ni monumentos de granito suficientemente antiguos, para conocer por este método la alterabilidad y cambio de coloración de esa roca por los agentes atmosféricos. Por lo tanto, me fué indispensable hacer los experimentos de laboratorio examinados á ese fin.

Los granitos de las canteras Leahy y Red Stone se desintegran con mayor facilidad relativa que el de la cantera Bienvenue, por la acción de los cambios bruscos de temperatura.

La coloración de los granitos de las tres canteras mencionadas varía con rapidez por la acción de los agentes atmosféricos, transformándose el color rosado en un amarillo pardusco poco agradable.

Los tres granitos estudiados se encuentran ya en un período de alteración, que se revela por el principio de kaolinización del feldespato dominante.

Los tres granitos estudiados se desintegrarían por completo y fácilmente en un incendio, pues ninguno resiste á la acción del fuego.

Los granitos de las canteras Leahy y Red Stone adquieren mejor pulimento que el de la cantera Bienvenue; pero este pulimento no evita en ninguno de los tres, ni la desintegración ni el cambio de color por los agentes atmosféricos.

El granito de la cantera Red Stone es de grano grueso, de textura más ó menos igual, de color rosado que no es completamente uniforme en la cantera, tiene manchas negras hasta de veinte centímetros de diámetro, y su color varía por la acción de los agentes atmosféricos. La cantera no puede producir blocks de las dimensiones que se necesitan para las columnas que motivan este estudio, porque el granito está cortado por muchas fracturas muy cercanas entre sí; y es probable que no se obtengan blocks grandes en esa cantera de los bancos más profundos. Por lo tanto, creo que: no es aceptable la cantera Red Stone para hacer la extracción de las cuarenta columnas monolíticas de 9.³⁰ metros de altura de fuste por 1.¹⁰ metros de diámetro, que se necesitan para el Palacio Legislativo Federal.

El granito de la cantera Leahy es de grano grueso, de textura más ó menos uniforme, con pocas manchas de pequeñas dimensiones, y de color variable del gris al rosado y al amarillento. En la parte oriental de la cantera, hay un banco grueso del cual podrían

extraerse algunos blocks de granito de las dimensiones que deben tener las columnas tantas veces mencionadas. Sin embargo, este granito no satisface las condiciones impuestas por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, pues por la acción de los agentes atmosféricos se desintegra fácilmente y su color rosado varía, transformándose en un amarillo pardusco desagradable; y además, no se podrían obtener de esta cantera blocks con un color general uniforme, sino que por el contrario, cada block resultaría con dos colores, siendo la diferencia de estos colores bastante notable. En vista de este grave defecto, y de la fácil alterabilidad de ese granito creo que: no es de aceptarse la cantera Leahy para extraer de ella algunas de las columnas que se destinan al Palacio Legislativo Federal.

El granito de la cantera Bienvenue es de grano mediano ó fino, de color general variable entre el rosado claro y el amarillo pardusco, tiene manchas negras aunque escasas, y no adquiere tan buen pulimento como los granitos de las canteras Leahy y Red Stone. El color de este granito se altera con rapidez por la acción de los agentes atmosféricos, transformándose en un amarillo pardusco desagradable. Esta cantera está muy desarrollada, se encuentran en ella varios bancos de más de un metro de espesor; y como las pocas fracturas que cortan á estos bancos están muy separadas una de otra, puede asegurarse que: de esta cantera se podrían extraer todos los blocks, y con las dimensiones necesarias para obtener las cuarenta columnas monolíticas que motivan este estudio. Sin embargo, el granito de esta cantera no satisface las condiciones fijadas por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, pues no son grandes los cristales de este granito sino pequeños, y su color general no es fijo sino que se altera fácilmente por los agentes atmosféricos transformándose en uno poco agradable. En vista de estos defectos creo que: no es aceptable tampoco la cantera Bienvenue para extraer de ella las columnas monolíticas destinadas al Palacio Legislativo Federal actualmente en construcción.

Existen en las cercanías de la región que estudié otras canteras, principalmente la llamada "Lyme," con granitos de mucha mejor calidad que los de las canteras antes mencionadas. Algunos de esos granitos son muy hermosos por su textura y coloración. Indiqué ya en este escrito los nombres de algunas de esas canteras, y creo que los Señores Contratistas deberían inspeccionar estos lugares con objeto de ver si pueden extraerse blocks grandes, pues en

este caso las columnas resultarían verdaderamente hermosas por la muy buena calidad del granito.

Por último, creo que en todo caso deberá inspeccionarse en la cantera la extracción de los blocks, para que todas las columnas tengan su eje normal á la dirección de los pseudo-cruceros, ó planos de menor resistencia en esa piedra de construcción.

México, Noviembre 6 de 1908.

Una parte del Estado de New Hampshire.

Una parte del Estado de Maine.

Cantera Leahy - New Hampshire
E. U. A.

Bol. Soc. Geol. Mex.

Tomo VI, Lám. IX.

Cantera Leahy - New Hampshire
E. U. A.

Bol. Soc. Geol. Mex.

Tomo VI, Lám. X.

Cantera Leahy-New Hampshire
E. U. A.

Cantera Leahy - New Hampshire
E. U. A.

Cantera Leahy-New Hampshire
E. U. A.

Cantera Red Stone
New Hampshire E. U. A.

Cantera Red Stone
New Hampshire E. U. A.

Cantera Red Stone
New Hampshire E. U. A.

Cantera Bienvenue
Maine E. U. A.

Cantera Bienvenue
Maine E. U. A.

Cantera Bienvenue
Maine E. U. A.

Cantera Bienvenue
Maine E. U. A.

Cantera Bienvenue
Maine E. U. A.,

Cantera Bienvenue
Maine E. U. A.

En la Cantera Palmer - Maine E. U. A.

Río Penobscot, Maine E. U. A.