

CEPILLADO DE PAVIMENTOS (DIAMOND GRINDING), TÉCNICA DE RESTAURACIÓN.

Por David Cea - Ing. Civil, M. Sc. en Ingeniería Vial

CEPILLADO DE PAVIMENTO (DIAMOND GRINDING).

El cepillado de pavimentos o Diamond Grinding en inglés, es una técnica de rehabilitación de pavimentos de concreto (CPR, por sus siglas en inglés) que proporciona una superficie de rodadura suave, confortable para el usuario con características de fricción deseables, especialmente en pavimentos de concreto que han desarrollado una irregularidad excesiva (Rao, Yu, & Darter, 1999).

La implementación de esta técnica de rehabilitación genera un notable aumento de la macrotextura superficial, lo que conlleva adicionalmente a una reducción del ruido y una mejora en la seguridad, así como también una disminución en el potencial de hidroplaneo (Correa & Wong, 2001).

El uso del Diamond Grinding proporciona una amplia gama de ventajas al ejecutarla en el momento y en el estado del pavimento adecuado, pues no todas las vías pueden ser candidatas para la implementación de la técnica. Según Correa y Wong (2001) se debe reconocer que el Diamond Grinding solo aborda problemas funcionales del pavimento. Si en el pavimento candidato para la implementación de la técnica presenta deficiencias estructurales, puede ser más apropiado aplicar una sobre capa o realizar una reconstrucción.

¿EN QUE CONSISTE EL DIAMOND GRINDING?

El Diamond Grinding consiste en remover una delgada capa de la superficie del concreto de rodadura utilizando hojas de discos diamantados dispuestas en forma muy cercana. Se logra una superficie nivelada al hacer pasar el conjunto de hojas a una altura predefinida sobre el pavimento, lo que genera ranuras cortadas. El concreto no cortado entre las ranuras tiende a desprenderse más o menos a un nivel constante por encima de las ranuras, dejando como resultado una superficie nivelada (a nivel macroscópico) con una textura longitudinal. (Rao, Yu, & Darter, 1999)



FIGURA 1 ACABADO SUPERFICIAL DIAMOND GRINDING.

Una máquina de Diamond Grinding es un equipo especializado diseñado para rectificar la superficie de pavimentos de concreto utilizando discos diamantados.

Está compuesta por los siguientes elementos principales:

- **Cabezal de corte (Cutting Head):**

El corazón del sistema. Está formado por un eje horizontal sobre el cual se montan entre 160 y 220 discos diamantados, separados por anillos espaciadores que determinan la textura longitudinal resultante. El ancho típico del cabezal varía entre 0.91m y 1.00m (36" a 40").

- **Unidad de propulsión autopropulsada:**

Vehículo pesado (de tracción directa) que integra motor diésel, sistemas hidráulicos y controles. Puede operar a velocidades bajas y constantes (0.5–1.5km/h) para garantizar un corte uniforme. Incluye sistema de nivelación para controlar la profundidad del corte.

- **Ruedas guía delanteras y traseras:**

Las ruedas delanteras detectan y siguen el perfil del pavimento original (incluyendo los desniveles o faults), mientras que las traseras se alinean con la nueva superficie ya rectificadas. Esto asegura una transición gradual y una nivelación efectiva.

- **Sistema de agua a presión:**

Utiliza agua para enfriar las hojas de diamante y controlar el polvo generado durante el corte. El lodo resultante es recolectado por un sistema de vacío o canalizado hacia una tolva para su posterior disposición.



FIGURA 2 MÁQUINA CEPILLADORA.

EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA.

La evolución del Diamond Grinding como técnica de rehabilitación de pavimentos de concreto ha sido el resultado de más de cinco décadas de validación técnica e innovación operativa.

Su primera implementación fue en 1965, en un tramo de la autopista I-10 en California, demostró que era posible recuperar la funcionalidad superficial de pavimentos envejecidos sin recurrir a reconstrucción total.

Durante las décadas de 1970 y 1980, diversos estudios de campo permitieron cuantificar mejoras significativas en la el confort de la capa de rodadura, la fricción y el nivel de ruido, lo que impulsó su adopción en múltiples estados de EE.UU.

En los años noventa, el perfeccionamiento de los equipos de corte y los primeros estudios de desempeño a largo plazo como el boletín técnico “the longevity and performance of diamond-ground pavements (RD118)”. publicado por el Portland Cement Association en 1999 reforzaron la confianza en su durabilidad. Posteriormente, en 2001, la FHWA publicó una

guía técnica específica sobre Diamond Grinding, consolidando las mejores prácticas para su implementación.

Desde entonces, su uso se ha expandido internacionalmente y ha evolucionado hacia aplicaciones avanzadas como el Next Generation Concrete Surface (NGCS), enfocado en maximizar el confort acústico y la seguridad. Hoy en día, esta técnica se complementa análisis de ciclo de vida, posicionándose como una solución clave en el mantenimiento vial sostenible.

Durante las décadas de 1970 y 1980, diversos estudios de campo permitieron cuantificar mejoras significativas en el confort de la capa de rodadura, la fricción y el nivel de ruido, lo que impulsó su adopción en múltiples estados de EE.UU.

En los años noventa, el perfeccionamiento de los equipos de corte y los primeros estudios de desempeño a largo plazo como el boletín técnico “the longevity and performance of diamond-ground pavements (RD118)”. publicado por el Portland Cement Association en 1999 reforzaron la confianza en su durabilidad. Posteriormente, en 2001, la FHWA publicó una guía técnica específica sobre Diamond Grinding, consolidando las mejores prácticas para su implementación.

Desde entonces, su uso se ha expandido internacionalmente y ha evolucionado hacia aplicaciones avanzadas como el Next Generation Concrete Surface (NGCS), enfocado en maximizar el confort acústico y la seguridad.

Hoy en día, esta técnica se complementa análisis de ciclo de vida, posicionándose como una solución clave en el mantenimiento vial sostenible.

EXPERIENCIA LOCAL

En nuestro país se ha utilizado la técnica bajo la filosofía de corrección de desvíos en procesos constructivos de

pavimentos nuevos, tomando en consideración que uno de los impactos directos de la implementación de la técnica es la mejora de la regularidad de la superficie, por ende, esto se traduce en un perfil suave que al aplicar el modelo del cálculo de IRI se obtienen valores dentro de los umbrales de aceptación de las especificaciones técnicas de los proyectos.

En el año 2002 fue la primera vez que el Diamond Grinding se implementó bajo esta filosofía, es decir, haciendo intervenciones puntuales en los sectores principalmente de roderas donde la regularidad superficial del pavimento presentaba ciertas irregularidades y se encontraba fuera del umbral máximo de aceptación y después de 23 años desde su primera implementación, la mayoría de oportunidades de implementación del Diamond Grinding han sido bajo esa filosofía.

Sin embargo, una implementación dentro de un plan estratégico de rehabilitación de pavimento de concreto hidráulico aún no ha sido posible por el momento.

Actualmente el MOPT se encuentra ejecutando el proyecto CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO Y AMPLIACIÓN DE CARRETERA CA01W (TRAMOS LOS CHORROS), ENTRE AUTOPISTA MONSEÑOR ROMERO Y CA01W; MUNICIPIOS DE SANTA TECLA, COLÓN Y SAN JUAN OPICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD en el cual se contempla la rehabilitación de al menos 88,000 m2 de pavimento existente, teniendo dentro de las estrategias de rehabilitación a implementar la inclusión del Diamond Grinding, lo cual lo convertirá en el primer proyecto en donde la filosofía de implementación será la de rehabilitar una capa de rodadura existente, otorgándole un rejuvenecimiento de la funcionalidad traducido

Se han generado iniciativas, con el objetivo de confirmar y poner a prueba las bondades de la técnica, de Diamond Grinding en septiembre de 2022 se cepilló un tramo completo en los dos carriles de la ruta RN05S con una longitud aproximada de 100 metros. Para medir el efecto inmediato de la técnica se midió perfiles longitudinales en las roderas de cada carril, para determinar el valor de IRI inicial y final (después de cepillado).

En la Figura 3 se puede apreciar el perfil original versus el perfil final, es decir, después de cepillado. Solo con la comparación de los perfiles se puede apreciar que el mismo ha sido suavizado por lo tanto se espera que al correr el modelo de IRI se obtenga un mejor valor.

Tal como se esperaba al correr el modelo de IRI se observa una mejora sustancial en el valor, en la Figura 4, se analizó de manera continua a una distancia de 10 metros, con el objetivo de observar las mejoras, de igual forma se estableció el umbral de IRI en 2.5 m/Km que es el valor de aceptación típicamente especificado para proyectos de pavimento rígido. Todas las gráficas de medición inicial se encuentran por arriba del umbral.



FIGURA 3 PERFIL LONGITUDINAL ANTES Y DESPUÉS DE DIAMOND GRINDING.

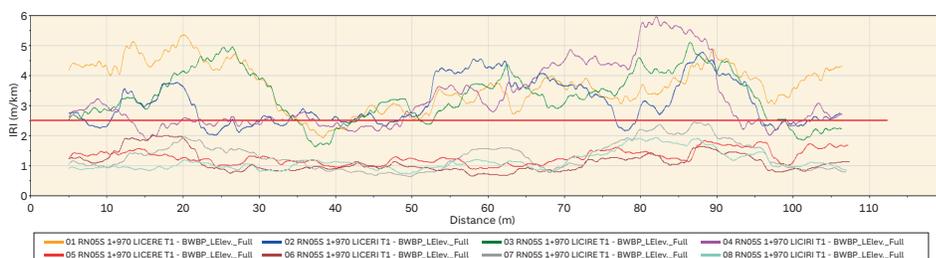


FIGURA 4 COMPARACIÓN MODELO IRI

ID	Por Rodera		Por Carril	
	IRI Inicial (m/Km)	IRI Final (m/Km)	IRI Inicial (m/Km)	IRI Final (m/Km)
LICERE	3.615	1.258	3.357	1.186
LICERI	3.098	1.113		
LICIRE	3.341	1.346	3.262	1.239
LICIRI	3.183	1.131		

TABLA 1 RESUMEN IRI EN TRAMOS FIJOS DE 100 METROS

En la Tabla 1 se presentan los valores de obtenidos de IRI por Rodera y por carril, se puede observar una reducción del orden del 63% en promedio de la sección de la condición inicial, con una profundidad de corte de aproximadamente 3.5mm. Adicionalmente a esta reducción en valor de IRI, se tiene una reducción perceptible en el ruido generado por la interacción de llanta y pavimento. Este sector se encuentra sobre la RN05S saliendo de Olocuilta, la próxima vez que retorne a San Salvador por esa ruta presta atención para poder experimentar el cambio en confort y ruido.

EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA.

Si bien la técnica de cepillado o Diamond Grinding es una técnica con impacto directo en la mejora del confort de la vía (mejora funcional) no es y no debe ser aplicada de manera aislada, debe existir un levantamiento de la condición superficial de la vía, categorización de deterioros mediante tipología, severidad y cantidad, con el objetivo de hacer una intervención integral en la Rehabilitación del pavimento. A continuación, se presenta el flujo de intervención recomendado por la FHWA, en donde se aprecia que el Diamond Grinding forma parte de un conjunto de estrategias que para que sea exitoso debe realizarse investigaciones previas.

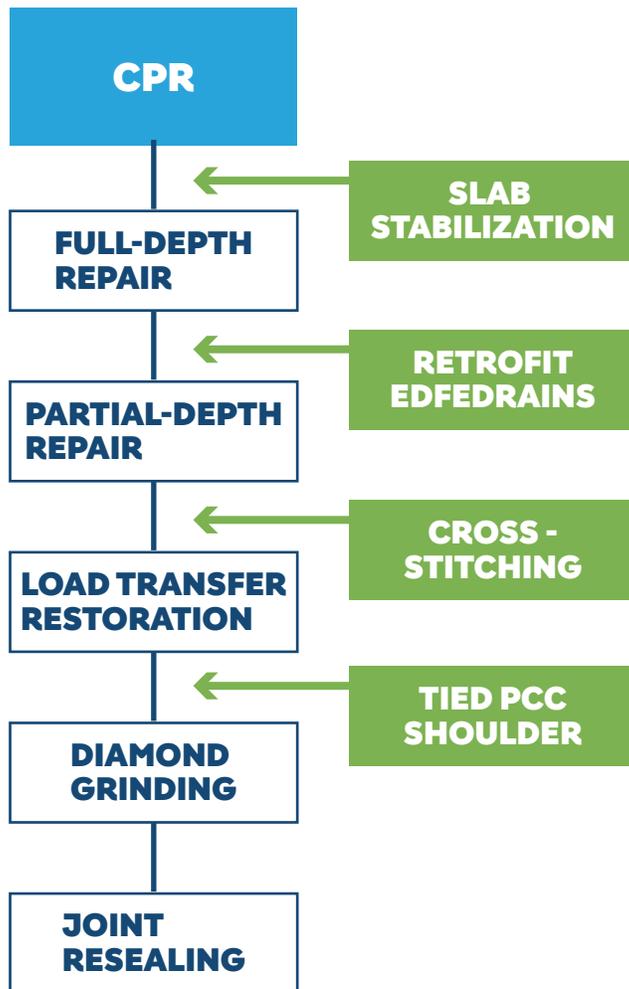


FIGURA 5 SECUENCIA TÍPICA DE UN PROGRAMA DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO. FUENTE: CORREA & WONG, 2001.}

En la actualidad el país cuenta con rutas de gran importancia en pavimento rígido, las cuales fácilmente pueden ser candidatas para tener una intervención de este tipo.

En conclusión, el Diamond Grinding se presenta como una técnica altamente conveniente y competitiva en términos de costo para la rehabilitación de pavimentos de concreto. Su capacidad para restaurar la funcionalidad y mejorar la regularidad superficial sin necesidad de reemplazar completamente losas deterioradas lo convierte en una solución eficiente tanto técnica como económicamente. Al compararse con métodos más invasivos, el Diamond Grinding permite extender la vida útil del pavimento con una inversión significativamente menor, reduciendo además el tiempo de intervención y las afectaciones al tráfico. Por ello, su incorporación dentro de los programas de rehabilitación de pavimentos (CPR) no solo es recomendable, sino estratégicamente acertada para optimizar recursos y garantizar un rendimiento sostenible de la infraestructura vial. (Correa & Wong, 2001).

REFERENCIAS:

- International Grooving & Grinding Association (IGGA). (2010). *Diamond Grinding Shines in California and Missouri.
- American Concrete Pavement Association (ACPA). (2008). Concrete Pavement Preservation Guide Federal Highway Administration (FHWA). (2001). Concrete Pavement Rehabilitation – Guide for Diamond Grinding
- Rao, S., Yu, H. T., & Darter, M. I. (1999). *The longevity and performance of diamond-ground pavements* (RD118). Portland Cement Association.
- Correa, A. L., & Wong, B. (2001). *Concrete pavement rehabilitation – Guide for diamond grinding* (Technical Bulletin). Federal Highway Administration, Southern Resource Center.
- American Concrete Pavement Association (ACPA). (2018). *International Use of Diamond Grinding and Grooving
- Rasmussen, R. O., Wimsatt, A., & Scofield, L. (2012). *The quest for quieter pavements: NGCS research and implementation*. Concrete Pavement Surface Characteristics Program, IGGA.
- Iowa State University – CP Tech Center. (2020). *MAP Brief – Next Generation Concrete Surface (NGCS)
- Federal Highway Administration (FHWA). (2018). *Pavement Management Road Map – Long-Term Infrastructure
- International Grooving & Grinding Association (IGGA). (2021). Sustainable Concrete Pavement Solutions through Diamond Grinding.