

# Pisos superplanos

**Ken S. Shoemaker**

Siempre es necesario mejorar la productividad buscando que las nuevas tecnologías vayan caminando de la mano.

**C**on las nuevas tecnologías para vehículos guiados automáticamente y los montacargas de gran alcance, deben existir pisos idóneos para mejorar la productividad. En este sentido, los pisos del tipo pasillos

muy angostos VNA (*Very Narrow Aisle*), ubicados en centros de distribución y almacenes son recomendables.

## Conceptos básicos

El término "superplano" a veces es mal empleado pues la gente lo usa para describir cualquier piso de concreto con el requisito de planicidad y nivelación. De acuerdo con la Norma 302.1R –del Instituto Americano del Concreto (ACI)– hay nueve clases de pisos. Éstas se basan en el uso pretendido del piso y la técnica de acabado final sugerido. Los pisos superplanos son Clase 9. Tienen una sola capa o firme con una superficie expuesta y una tolerancia crítica de acabado superficial para vehículos y robots



Foto: [www.apex-pallet-racking-co.uk](http://www.apex-pallet-racking-co.uk)

que manejan materiales especiales con tolerancias de planicidad y nivelación específicas.

Es necesario contar con un piso superplano para ahorrar tiempo, dinero y mejorar la productividad. Los arquitectos y los gerentes de operaciones de centros de distribución y almacenes en construcción o ya existentes a veces sólo piensan en ahorrar dinero y dicen: "sólo es concreto". ¡Al contrario! Los operadores exitosos de centros de distribución y de almacenes saben que el sistema más efectivo para manejar materiales por medio de vehículos con ruedas es aquel basado en pisos que tienen planicidad y nivel superior. A medida que se incrementa la altura de los anaqueles, se vuelve más necesario el piso superplano.

Los pisos extraordinariamente planos y a nivel proveen acceso rápido e inmediato al inventario y proporcionan una medida de la seguridad de los operadores con respecto a las operaciones de los montacargas. Lograr el máximo desempeño en los montacargas y de la utilización de las máquinas depende directamente de la planicidad y nivelación del piso. Mientras más plano y más nivelado es un piso VNA, menos problemas existirán.

Típicamente, las losas de pisos superplanos se cuelan en franjas de aproximadamente 20-25 cm de espesor, variando entre 4.5 y 9.0 m de ancho y pueden ser casi de cualquier longitud. No son raras las losas de 90 m o más.

## Más sobre los pisos superplanos

El proveedor de concreto para un proyecto de construcción de un centro de distribución o almacén juega un papel importante en la colocación y acabado exitosos de un

piso superplano. Similarmente, las variables que se encuentran en la producción son muy difíciles, pero cuando se manejan bien –junto con el tiempo de entrega– son cruciales para el éxito de los pisos superplanos. En losas monolíticas de colado continuo, las variaciones en revenimiento, relaciones de arena-agregado-cemento-agua, la temperatura de mezclado, los aditivos, la temperatura del aire del ambiente, el contenido de humedad del suelo y el tiempo de entrega, tienen un efecto importante en la planicidad y nivelación de un piso superplano.

## Planicidad y nivelación del piso

Las técnicas modernas para mediciones de pisos se remontan a la exposición Mundo del Concreto de 1966, en donde Sam y Allen Pace reconocieron primero la naturaleza impráctica de usar una regla recta de 3 metros para medir los pisos. La introducción de la herramienta de medición DipStick revolucionó la medición del concreto.

## El sistema $F_F/F_L$

" $F_F$ " y " $F_L$ " quieren decir "planicidad de piso" y "nivelación del piso". Se trata del método aceptado para especificar y medir la planicidad y nivel para pisos de tráfico aleatorio. Una definición de  $F_F$  es "baches y protuberancias" del piso.  $F_L$  es: "pendiente, inclinación o nivelación total del piso". Las mediciones  $F_F/F_L$  se toman a intervalos sucesivos de 30 cm en un método de muestreo aleatorio que proporciona los datos necesarios para calcular la planicidad y la nivelación total de la superficie del piso. La comparación de los valores al inicio y al final con otras fórmulas matemáticas determinan la relación  $F_F/F_L$ .

## El sistema $F_{min}$

Un segundo sistema de medición para pisos de tráfico definido por VNA se llama " $F_{min}$ " (Fig. 1). Debido a los pisos VNA los montacargas no varían en su movimiento a lo largo del pasillo. Se toman las mediciones por un montacargas simulado en las rutas definidas de las ruedas del pasillo usando un Perfilógrafo electrónico de superficie, de eje diferencial, para formular los datos del cálculo  $F_{min}$ . El sistema de medición  $F_{min}$  comprende cuatro características separadas:

1. La banda de tolerancia L en  $F_{min}$  consiste de:

Planicidad longitudinal.  
Nivelación longitudinal.

2. La banda de tolerancia T en  $F_{min}$  consiste de:

Planicidad transversal.  
Nivelación transversal.

3. Tasa de cambio L en  $F_{min}$  dentro de intervalos de 30 cm.

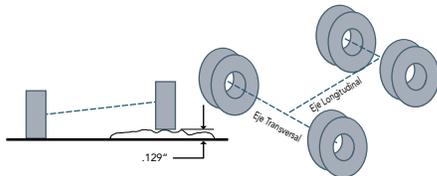
4. Tasa de cambio T dentro de intervalos de 30 cm.

Lo "longitudinal" se refiere al eje largo del pasillo y la relación en altura cambia entre las ruedas frontales y traseras del carro montacargas (Fig. 2). "Transversal" se refiere a la relación de lado a lado entre el lado derecho y el izquierdo del vehículo en cualquiera de los conjuntos de ruedas, las frontales o las traseras (Fig. 3).

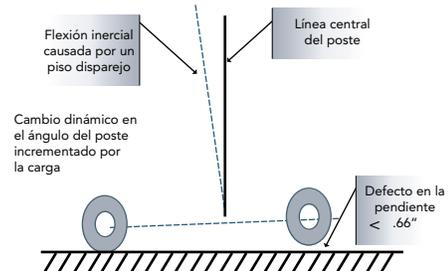
Aunque el ACI 302.1R clasifica un piso superplano como el que cumple o excede  $F_F/F_L$  50, es importante notar que el uso del sistema  $F_F/F_L$  no garantizará operaciones libres de problemas de los montacargas. Esto es debido al aspecto aleatorio de las mediciones  $F_F/F_L$  y la posibilidad de que se pueda evitar pasar por un defecto de piso en el sendero de las ruedas. Por lo tanto, no hay una correlación directa entre  $F_F/F_L$  y  $F_{min}$ . Los sistemas  $F_F/F_L$  y  $F_{min}$  son

**Fig. 1** ¿Qué es “ $F_{min}$ ”?

Es la relación entre las diferencias en elevación longitudinal y transversal de la superficie.



**Fig. 2** La altura del poste magnifica el efecto de un piso de concreto disperejo (Dirección longitudinal)



sistemas de medición completamente diferentes y no hay índices correspondientes para propósitos de comparación.

La principal razón para desarrollar el sistema  $F_{min}$  es cuantificar el punto o umbral para evitar conflictos entre el montacargas y los estantes. Los defectos de piso en los senderos de las ruedas que causan cambios bruscos en la planicidad o nivel del piso (defectos de pendientes) con el tiempo darán como resultado una falla catastrófica del montacargas, tal como una avería mecánica, cargas perdidas o conflictos entre la máquina y los estantes.

Una rueda frontal descansando encima de un defecto desconocido del tamaño indicado crea una inclinación estática.

Además de los valores de la inclinación estática, los efectos agregados del bastidor dinámico y la flexibilidad del poste causado por la inercia muestran el potencial de tener resultados desastrosos. En pocas palabras, la relación entre la altura del poste, el ancho del pasillo, el tamaño del defecto del piso y la inercia, determinan los requisitos de  $F_{min}$  para una aplicación particular de un montacargas. (Ver tabla 1).

### Otros aspectos

Existen varias razones de por qué los pisos superplanos VNA son importantes para las operaciones exitosas de los centros de distribución y almacenes.

**Instalación bifurcada:** Variaciones aparentemente menores en la planicidad y nivelación del piso amplifican los problemas de colocación y retiro a medida que se incrementa la altura del poste.

**Seguridad y fatiga del operador:** Con el tiempo los operadores se fatigan y lesionan por los empujones y saltos continuos en pisos con topes y hoyos; también pierden tiempo y pueden colocar mal lo almacenado.

**Deflexión del poste:** La vibración a causa de pisos disperejos incrementa el “efecto de caña de pescar” en los postes de los montacargas.

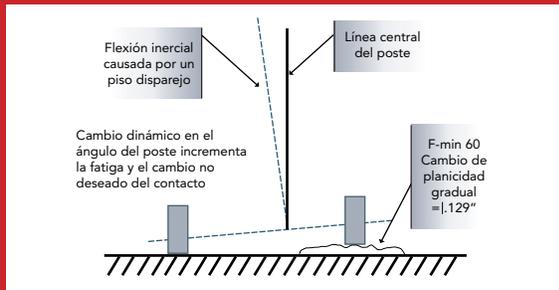
**Grietas por esfuerzo en el bastidor:** En general los montacargas no tienen un sistema de suspensión. Una variación súbita en la altura o un “chichón” de apenas 1.5 mm en la planicidad del piso puede causar que una o más ruedas estén en el aire con el carro en movimiento y provoquen fisuras por esfuerzo en el bastidor, por flexión cíclica dinámica continua del acero del bastidor (Fig. 4).

**Mantenimiento del vehículo:** La vibración por las superficies ásperas no sólo causa deflexión en los materiales estructurales de los montacargas sino que también pueden

**Tabla 1** Tolerancias  $F_{min}$ L- $F_{min}$ T recomendadas por la altura de los estantes

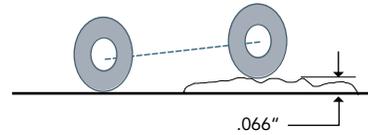
Altura del estante	Valores de tráfico definidos	Categoría de perfil
0 a 7.5 m	$F_{min}$ L 40 $F_{min}$ T 50	Nivel I Promedio
7.8 m a 10.5 m	$F_{min}$ L 50 $F_{min}$ T 65	Nivel II Plano
10.8 m a 13.5 m	$F_{min}$ L 65 $F_{min}$ T 85	Nivel III Muy Plano
13.8 m a 15 m	$F_{min}$ L 85 $F_{min}$ T 100	Nivel IV Superplano
15.3 m y más alto	$F_{min}$ L 100 $F_{min}$ T 125	Nivel V Ultraplano

**Fig. 3** La altura del poste magnifica el efecto de un piso de concreto disparejo (Dirección longitudinal)



**Fig. 4** Los defectos de la superficie causan daño

Un cambio súbito en la superficie del piso en menos de 30 cm - chichón o bache. La carrocería del montacargas se flexiona durante el viaje debido a que no tiene un sistema de suspensión. La flexión continua causa fisuras por esfuerzo.



afectar a los ejes, sellos, cojinetes y otros componentes clave.

**Disminución de la productividad:** Los pisos de superficie áspera imposibilitan el rápido movimiento de los montacargas y aumentan los costos diarios de operación, incrementando el tiempo del manejo de materiales y reduciendo la producción total. Los operadores de montacargas deben revisar constantemente la superficie del piso y ajustar sus velocidades de acuerdo a la condición inmediata del piso. A veces, los operadores deben reducir la velocidad hasta apenas arrastrarse, a fin de maniobrar contra ciertos defectos de piso tales como defectos de juntas, "chichones", hoyos y otros problemas. En pisos superplanos VNA, son comunes las operaciones a toda velocidad de los montacargas.

## Una estimación de ahorro

Algunos conocimientos fundamentales de matemáticas revelan resultados sorprendentes. Por ejemplo, pensemos en un montacargas vacío de gran alcance –del tipo promedio– que viaja a 10 kms por hora, o aproximadamente 2.8 m por segundo. El tiempo requerido

para atravesar desde un extremo al otro el pasillo de 90 m es de 32 segundos. Los datos empíricos de las mediciones de piso con el Perfilógrafo de los pisos superplanos VNA recién colocados indican que un promedio de aproximadamente 10% del colado, o aproximadamente 1,200 m<sup>2</sup>, necesitan esmerilado de remedio para satisfacer la especificación de planicidad de piso requerida. Además, supongamos que el chofer del montacargas debe reducir la velocidad significativamente (1.5 segundos perdidos en la desaceleración y aceleración) para pasar con cuidado cada área que está fuera de tolerancia. En este escenario, por cada vez que el montacargas viaja por un pasillo típico VNA de 90 m, se necesitan 18 segundos adicionales para pasar con seguridad las áreas fuera de tolerancia.

Ahora, supongamos que el costo por hora para operar el centro de distribución o el almacén es de aproximadamente 100 dólares por montacargas (15 dólares por hora más beneficios, impuestos, y seguros). Multiplique 18 segundos por 0.028 por segundo (\$100 por hora dividido entre 3,600 segundos por hora) para obtener \$0.50 por viaje. En otras palabras cada vez que un montacargas atraviesa desde un

extremo al otro un pasillo de 180 m, y cuando el piso no satisface la tolerancia  $F_{min}$ , el propietario del edificio pierde 50 centavos de dólar.

Podemos ver a partir de estos cálculos básicos de qué manera los pisos superplanos ahorran tiempo y dinero. Considere el número de 50 centavos de pérdida en cada viaje en cada turno de 8 horas para montacargas, multiplicado por el número de turnos por día de trabajo, por el número de días por semana, por el número de días por año, y el resultado es sorprendente, aproximadamente \$1,000 dólares en pérdida de productividad por cada día de tres turnos. En resumen: los arquitectos, ingenieros de diseño, proveedores de concreto y propietarios de edificios deben tomarse el tiempo para familiarizarse con el sistema  $F_{min}$  y los beneficios de tener sus pisos a esta especificación. El tiempo invertido con una compañía consultora de concreto calificada con  $F_{min}$  antes de que empiece el trabajo en un proyecto, es dinero bien invertido. **C**

**Nota:** El autor es vicepresidente de Ingeniería de AALFLAT Consultants Inc y especialista en certificación. Referencia: *Concrete in Focus*, NRMCA, Primavera, 2008.