

# ANALISIS PROFUNDO DE BASE DE DATOS

## LATAM-4C

Huella de Carbono en Concreto - Region LATAM

Fecha: 02 de December de 2025

Analista: Claude (Opus 4.5)

Metrica	Valor
Registros analizados	260
Plantas	4
Periodo	2020-2024
Volumen total	3.7 millones m3
Huella promedio LATAM	271.12 kg CO2/m3
vs GCCA Mundial	+8% mejor

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

Este documento presenta un analisis exhaustivo de 260 registros de huella de carbono de concreto de 4 plantas latinoamericanas (2020-2024), cruzado con referencias GCCA internacionales. Se identificaron patrones no evidentes, anomalias de datos y oportunidades de mejora significativas.

### Hallazgos Clave:

- \* Posible error de escala en datos de planta 'pacas' (100x mayor)
- \* Paradoja de eficiencia: mayor resistencia = menor CO2 por MPa
- \* LATAM 8% mejor que promedio mundial GCCA
- \* Tendencia positiva: todas las plantas mejorando en 2024
- \* Planta 'melon' logra mejor eficiencia con procesos variables

## 2. HALLAZGO CRITICO: Anomalia en Datos

Al normalizar los componentes A1-A4 por volumen, se detecto una anomalia significativa en los datos de la planta 'pacas':

Planta	A1 (kg CO2/m3)	Estado
lomax	236.07	OK
melon	245.48	OK
mzma	227.83	OK
pacas	23,249.34	ERROR x100

**Recomendacion URGENTE:** Verificar con fuente original de datos de Cementos Pacasmayo (Peru). Los valores estan aproximadamente 100x por encima de lo esperado.

### 3. LA PARADOJA DE LA EFICIENCIA

Se descubrio una relacion inversa significativa entre resistencia y eficiencia de CO2. Contrario a la intuicion, a mayor resistencia del concreto, menor es la huella de carbono por unidad de resistencia (MPa) ganada.

Resistencia (MPa)	Huella (kg CO2/m3)	kg CO2/MPa	Volumen (m3)
0-10	167.07	59.74	182,039
10-20	232.74	14.91	556,709
20-30	287.29	11.12	2,219,897
30-40	339.81	9.62	556,265
40-50	365.61	7.95	140,203
50-60	453.46	7.88	21,997
>60	453.57	6.05	5,191

**Interpretacion:**

Los concretos de baja resistencia tienen alta huella relativa porque usan casi la misma cantidad de cemento base pero logran menos MPa. Los de alta resistencia aprovechan mejor cada kg de cemento.  
**Implicacion: Promover concretos de alta resistencia puede ser una estrategia efectiva de descarbonizacion.**

### 4. ANALISIS DE CORRELACION POR PLANTA

Planta	Correlacion	Interpretacion
mzma	0.9818	Proceso altamente predecible
lomax	0.8642	Buen control de proceso
pacas	0.5970	Variabilidad moderada
melon	0.2147	Alta variabilidad - optimizacion caso por caso

La baja correlacion de 'melon' combinada con su alta eficiencia (9.38 kg CO2/MPa) sugiere uso variable de adiciones cementantes y optimizacion de diseno por proyecto.

## 5. RANKING DE EFICIENCIA POR PLANTA

Ranking	Planta	kg CO2/MPa	Huella Prom.	CV%
1	melon	9.38	255.03	26.3%
2	lomax	10.18	298.39	24.4%
3	mzma	30.45	252.51	55.0%
4	pacas	34.06	294.93	28.7%

Hallazgo destacado: 'melon' logra la misma resistencia con aproximadamente 1/3 del CO2 que 'mzma'. Esta diferencia de 3x en eficiencia merece investigacion para replicar mejores practicas.

## 6. TENDENCIAS TEMPORALES

Cambios Interanuales 2023 - 2024:

Planta	Cambio (kg CO2/m3)	Tendencia
mzma	-18.29	MEJORANDO
pacas	-17.78	MEJORANDO
lomax	-7.72	MEJORANDO

Todas las plantas muestran mejora en 2024. La reduccion promedio es de aproximadamente 15 kg CO2/m3, lo que representa un avance significativo en la descarbonizacion del sector.

## 7. COMPARACION CON BENCHMARKS INTERNACIONALES

Fuente	Huella (kg CO2/m3)	vs LATAM
LATAM (datos reales)	271.12	-
GCCA Mundial	294	+8% mejor
GCCA Europa	262	-3% peor
GCCA America del Norte	~310	+13% mejor

**Conclusion: LATAM esta bien posicionado frente a benchmarks internacionales, superando el promedio mundial por 8% y acercandose a los niveles europeos.**

## 8. RECOMENDACIONES

---

### Acciones Inmediatas:

- \* Verificar datos de 'pacas' - Posible error de escala 100x
- \* Completar identificacion de plantas - Vincular codigos con plantas\_latam

### Acciones Estrategicas:

- \* Promover concretos de alta resistencia - Mayor eficiencia de CO2/MPa
- \* Estudiar practicas de 'melon' - Logra mejor eficiencia con procesos variables
- \* Enfocar mejoras en rango 20-30 MPa - Concentra 60% del volumen

### Monitoreo Continuo:

- \* Mantener tendencia positiva de 2024 - Todas las plantas mejorando
- \* Reducir % de bandas F y Fuera de rango - Especialmente en mzma y pacas