

1 Supuestos Renovación

1. La variable Foundation indica los cimientos de la casa, por lo que se fija como parámetro, ya que cambiarla implicaría destruir la casa completa.
2. La variable BsmtQual indica la altura del sótano y define su calidad según eso, no se procederá a cambiar esta calidad ya que implicaría cambiar la infraestructura de la casa.
3. No se considera expansión del sótano de la casa, ya que implicaría destrucción de cimientos de la casa y evaluaciones de suelo de los cuales no tenemos información. Por ende es por limitación de la base de datos.
4. No se agregaran chimeneas, ya que la variable Fireplaces contabiliza la cantidad total de chimeneas sin diferenciar cuales estan en la casa y cuáles en el sótano, por ende para restringir cuántas se puede agregar no se tendría un parámetro claro de máximo. Además, si se agregan no se sabría dónde por lo mismo. La decisión esta tomada por la limitación de información de la base de datos.
5. Las variables Overall Qual y Overall Cond no se cambiaran, ya que indican la calidad y condiciones generales de la casa, por lo que depende de todos los otros factores de calidad y condición de la casa.
6. La variable Functional que indica la evaluación cualitativa del estado funcional general de la vivienda no será modificada, esto debido a que no podemos hacer mejoras específicas si no tenemos conocimiento de qué es deficiente en particular. La decisión esta tomada por la limitación de información de la base de datos.
7. La variable LowQualFinSF que indica pies cuadrados de mala calidad en todos los pisos no se cambiará. No podemos hacer mejoras específicas si no tenemos conocimiento de qué es deficiente en particular. La decisión esta tomada por la limitación de información de la base de datos.
8. Para la renovación de espacios se considera que no se modificaran las habitaciones del interior de la casa, esto debido a que no existen especificaciones de los f^2 que hay de cada habitación, por ende esto limita su posible expansión y/o reducción. La decisión esta tomada por la limitación de información de la base de datos.
9. Para la renovación de espacios se considera el caso de ampliaciones en el primer piso, ya que existen variables descriptivas de los f^2 disponibles del terreno total de la vivienda. Dichas expansiones se realizan según el mínimos de superficie habitable requeridos para cada tipo de habitación. En este caso se considera, BedRooms, Kitchen, HalfBath y FullBath. No se incorporan habitaciones de tamaño variable, ya que definir proporciones máximas de superficie por tipo de recinto no resulta adecuado sin conocer la distribución interna de cada vivienda. Por esta razón, se considera poco coherente establecer un límite superior fijo aplicable a todas las propiedades. La decisión esta tomada por la limitación de información de la base de datos.
10. La ampliación de espacios se consideran en una escala de ampliación pequeña, moderada y grande. Las variables GarageArea, WoodDeckSF, OpenPorchSF, EnclosedPorch, 3SsnPorch, ScreenPorch y PoolArea se consideran

para estas ampliaciones. Esto debido a que se tiene conocimiento de los f^2 disponibles del terreno total de la vivienda y dichas variables de área están involucradas en este espacio. Las ampliaciones pequeñas involucran el aumento de un 10% de su área, las ampliaciones moderadas de un 20% y por último las grandes de un 30%. Se define como mínimo un 10% ya que es el primer salto que evita microajustes geométricos poco ejecutables en obra.

10.

2 Supuestos Construcción

2.1 Calidad de Construcción

Supuesto 1: Todas las construcciones se consideran de calidad excelente por ser de nueva edificación. Las variables de calidad y condición toman su valor máximo porque se asume que el nuevo material está en su mejor estado.

- OverallQual = 10 (Very Excellent)
- OverallCond = 10 (Very Excellent)
- ExterQual = Ex (Excellent)
- ExterCond = Ex (Excellent)
- BsmtQual = Ex (Excellent)
- HeatingQC = Ex (Excellent)
- KitchenQual = Ex (Excellent)

2.2 Exclusividad en Sistemas

Supuesto 2: Solo puede seleccionarse una opción en variables categóricas de sistemas y características estructurales.

- Electrical: Solo un tipo de sistema eléctrico
- Heating: Solo un tipo de sistema de calefacción
- RoofStyle: Solo un estilo de techo
- RoofMatl: Solo un material de techo
- HouseStyle: Solo un estilo de vivienda
- Foundation: Solo un tipo de cimentación

2.3 Completitud de Áreas

Supuesto 3: No existen áreas sin terminar en la construcción. Todas las áreas deben estar completamente finalizadas.

- $\text{BsmtFinType1} \neq \text{Unf}$ (No unfinished basement)
- $\text{BsmtFinType2} \neq \text{Unf}$ (No unfinished basement)
- $\text{BsmtUnfSF} = 0$ (No unfinished basement area)
- $\text{LowQualFinSF} = 0$ (No low quality finished area)
- $\text{HouseStyle} \notin \{1.5\text{Unf}, 2.5\text{Unf}\}$ (No unfinished levels)

2.4 Límite de Pisos

Supuesto 4: Las viviendas pueden tener máximo 2 pisos completos. No se consideran niveles parciales o medios pisos sin terminar.

- $\text{HouseStyle} \in \{1\text{Story}, 2\text{Story}\}$
- $2\text{ndFlrSF} \leq 1\text{stFlrSF}$
- No se permiten estilos con niveles parciales (1.5Fin, 1.5Unf, 2.5Fin, 2.5Unf)

2.5 Parámetros Fijos del Terreno

Supuesto 5: Las características físicas del terreno son parámetros fijos que no pueden modificarse.

- **LotArea:** Parámetro fijo (área total del terreno)
- **LotFrontage:** Parámetro fijo (frente lineal de la propiedad)
- **Street:** Parámetro fijo (tipo de acceso vial)
- **Alley:** Parámetro fijo (tipo de acceso por callejón)
- **LotShape:** Parámetro fijo (forma del terreno)
- **LandContour:** Parámetro fijo (topografía del terreno)
- **LotConfig:** Parámetro fijo (configuración del lote)
- **LandSlope:** Parámetro fijo (pendiente del terreno)

2.5.1 Garaje Opcional pero Estandarizado

Supuesto 6: El garaje es opcional, pero si se construye debe cumplir con estándares mínimos de capacidad, área y acabado.

- Capacidad mínima: 1 vehículo si hay garaje
- Área proporcional: 150-250 ft² por vehículo
- Acabado completo: Todos los garajes deben estar terminados

2.5.2 Capacidad de Calefacción de Chimeneas

Supuesto 7: Cada chimenea tiene una capacidad de calefacción de 900 pies cuadrados de área habitable.

- Una chimenea estándar puede calentar efectivamente hasta 900 ft²
- El área habitable considera solo pisos sobre nivel: $1stFlrSF + 2ndFlrSF$
- El número máximo de chimeneas está limitado por: $\lceil \frac{1stFlrSF + 2ndFlrSF}{900} \rceil$

2.5.3 Límites Proporcionales al Terreno

Supuesto 8: Los límites de construcción se basan en proporciones del área total del terreno (LotArea).

- **Área construida:** Máximo 80% del terreno para área habitable
- **Pisos:** Primer piso máximo 60%, segundo piso máximo 50% del terreno
- **Sótano:** Máximo 50% del área del terreno
- **Garaje:** Máximo 20% del terreno
- **Piscina y porches:** Entre 5-15% del terreno según tipo

2.5.4 Área Mínima para Deck de Madera

Supuesto 9: Si se construye un deck de madera, debe tener un área mínima de 40 ft² para ser funcional, con funcional nos referimos a que pueda caer una mesa y al menos 4 sillas.

- Área mínima: 40 ft² (approx. 2m x 2m) para mobiliario básico
- Área máxima: 15% del terreno para mantener espacio útil en patio
- Opcional: La vivienda puede o no tener deck de madera

Modelo matemático

Grupo 5 Capstone

October 2025

3 Función Objetivo: Revisar

$$Max(\Delta P - C_{total})$$

- $\Delta P = ValorFinal - ValorInicial$
- Valor creado gracias a las remodelaciones/ampliaciones.
- $C_{total} = \text{Costos de construcción} + \text{Costos destrucción}$

$$CT = \sum_r \sum_k \theta_{rk} \cdot \delta_{rk} \cdot \zeta_{rk} \cdot \lambda_{rk} + \sum_i \alpha_i \cdot \beta_i \cdot \eta_i \cdot \kappa_i + \sum_s \gamma_s \cdot \varepsilon_s + C_{destrucción}$$

- θ_{rk} : Parámetro que es costo de construir un pie cuadrado de r de la calidad k.
- δ_{rk} : variable binaria que toma valor 1 en caso de construir r en calidad k.
- ζ_{rk} : variable de cantidad de r a construir de calidad k.
- λ_{rk} : variable de pies cuadrados que tendrá pieza r de k.
- α_i : parámetro costo unitario de pie cuadrado de i
- β_i : binaria
- η_i : cantidad de i a construir
- κ_i : metros de i a construir
- γ_s : parámetro de costo de instalación de s
- ε_s : binaria de instalación

4 Parámetros - Variables

5 Restricciones ideas

1. Segundo piso no puede ser más grande que el primero. (supuesto)

$$1stFlrSF \geq 2ndFlrSF$$

2. GrLivArea (área habitable) no puede ser mayor que LotArea que es el área total del terreno.

$$GrLivArea \leq LotArea$$

3. El sótano no puede tener más área que el área del primer piso. (supuesto)

$$1stFlrSF \geq TotalBsmtSF$$

4. No pueden haber más baños que dormitorios. (sin considerar el bsmt)

$$FullBath + Halfbath \leq Bedroom$$

5. Tiene que haber al menos un FullBath, Bedroom y Kitchen para cumplir con las necesidades básicas.

$$FullBath \geq 1$$

$$Bedroom \geq 1$$

$$Kitchen \geq 1$$

(falta poner el techo)

7. Consistencia entre los pies cuadrados (sale directo desde la base de datos)

$$Gr Liv Area = 1st Flr SF + 2nd Flr SF + LowQualFinSf$$

8. Consistencia de habitaciones.

$$TotRmsAbvGrd = Bedroom + Kitchen + OtrasHabitaciones$$

$$OtrasHabitaciones = TotRmsAbvGrd - (Bedroom + Kitchen)$$

9. Escoger a lo más una calidad

$$\sum_k \delta_{rk} \leq 1$$

10. Techo para cantidad de pies cuadrados a construir

6 Restricciones renovación

- Utilities: Se puede cambiar a alternativas que sean de costo mayor o mantenerse.
- Parámetro de Utilitie original:

$$u_i^{\text{base}} \in u \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Parámetro de Costo de la Utilitie original:

$$C_{u_i^{\text{base}}} \in u \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

-Definición de conjunto permitido de utilities

$$\mathcal{U}_i^+ = \{u \in \{AllPub, NoSewr, NoSeWa, ELO\} : C_u \geq C_{u_i^{\text{base}}}\}.$$

-Variables de decisión

$$Utilities_{i,u} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall u \in \mathcal{U}_i^+.$$

-Restricción

$$\sum_{u \in \mathcal{U}_i^+} Utilities_{i,u} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

-Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoUtilities} = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{u \in \mathcal{U}_i^+ \\ u \neq u_i^{\text{base}}}} C_u Utilities_{i,u}.$$

- RoofStyle y RoofMatl: Se selecciona un tipo de *roof style* y un tipo de *roof material* compatibles entre sí. El material y el estilo pueden mantenerse o cambiarse a una alternativa de costo mayor, respetando las compatibilidades constructivas.

- Matriz de compatibilidad entre estilos y materiales:

La compatibilidad se representa mediante el parámetro binario $A_{s,m}$, donde $A_{s,m} = 1$ si el material m puede ser utilizado con el estilo s , y $A_{s,m} = 0$ en caso contrario.

		AsphaltShingle	Metal	ClayTile	WoodShingle	Slate	Membrane
$A_{s,m} =$	Gable	1	1	1	1	1	0
	Hip	1	1	1	1	1	0
	Flat	0	1	0	0	0	1
	Mansard	1	1	1	1	1	0
	Shed	1	1	0	1	0	1

Esta matriz fue construida en base a compatibilidades constructivas reportadas en fuentes técnicas de cubiertas (Inc., 2023; Roof-Crafters, 2024; Wikipedia contributors, 2024).

- Parámetro de Roof Style original:

$$s_i^{\text{base}} \in s \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Parámetro de Roof Material original:

$$m_i^{\text{base}} \in m \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Parámetro de costo de Roof Style y Roof Material:

$$C_s, C_m \quad \forall s \in \mathcal{S}, \forall m \in \mathcal{M}.$$

- Definición de conjuntos permitidos:

$$\mathcal{S}_i^+ = \{ s \in \{Flat, Gable, Gambrel, Hip, Mansard, Shed\} : C_s \geq C_{s_i^{\text{base}}} \}$$

$$\mathcal{M}_i^+ = \{ m \in \{ClyTile, CompShg, Membran, Metal, Roll, TarGrv, WdShake, WdShngl\} : C_m \geq C_{m_i^{\text{base}}} \}$$

- Variables de decisión:

$$x_{i,s} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall s \in \mathcal{S}_i^+,$$

$$y_{i,m} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall m \in \mathcal{M}_i^+.$$

- Restricción de selección única:

$$\sum_{s \in \mathcal{S}_i^+} x_{i,s} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}, \quad \sum_{m \in \mathcal{M}_i^+} y_{i,m} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Restricción de compatibilidad entre estilo y material según la matriz $A_{s,m}$:

$$x_{i,s} + y_{i,m} \leq 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall s \in \mathcal{S}_i^+, \forall m \in \mathcal{M}_i^+ : A_{s,m} = 0.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoRoof}^A = \underbrace{\sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{s \in \mathcal{S}_i^+ \\ s \neq s_i^{\text{base}}}} C_s x_{i,s}}_{\text{Roof Style}} + \underbrace{\sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{m \in \mathcal{M}_i^+ \\ m \neq m_i^{\text{base}}}} C_m y_{i,m}}_{\text{Roof Material}}.$$

- Exterior1st, Exterior2nd, ExterQual, ExterCond: Si la calidad o condición del material exterior presenta un índice de Average/Typical o inferior, entonces se pueden seguir dos caminos. El primero es que el material del Exterior1st y el Exterior2nd pueden mantenerse reconstruyendo cada uno denuevo o reemplazarse por otro de costo superior al actual. Exterior2nd solo aplica si existe un segundo material en la casa. El segundo es que ExterQual y ExterCond puedan cambiar aumentando su calidad y condición respectivamente.

- Materiales:

$$\mathcal{E} = \{\text{AsbShng, AsphShn, BrkComm, BrkFace, CBlock, CemntBd, HdBoard, ImStucc, MetalSd, Other, Plywood, PreCast, Stone, Stucco, VinylSd, WdSdng, WdShing}\}.$$

- Parámetros de costos de materiales:

$$C_e^{(1)} \forall e \in \mathcal{E}, \quad C_e^{(2)} \forall e \in \mathcal{E}.$$

- Parámetros de costos de calidad/condición:

$$\mathcal{Q} = \{\text{Ex, Gd, TA, Fa, Po}\}, \quad \mathcal{C} = \{\text{Ex, Gd, TA, Fa, Po}\},$$

$$C_{eq}^Q \forall eq \in \mathcal{Q}, \quad C_{ec}^C \forall ec \in \mathcal{C}.$$

- Costos de demolición por frente (aplican sólo si se toma el camino material):

$$C_1^{dem} \geq 0, \quad C_2^{dem} \geq 0.$$

- Parámetros base:

$$(e_1)_i^{base} \in \mathcal{E}, \quad (e_2)_i^{base} \in \mathcal{E} \text{ si } Has2_i = 1,$$

$$BaseQual_{i,eq} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{eq \in \mathcal{Q}} BaseQual_{i,eq} = 1, \quad BaseCond_{i,ec} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{ec \in \mathcal{C}} BaseCond_{i,ec} = 1,$$

$$Has2_i \in \{0, 1\}.$$

- Subconjuntos “Average o peor”:

$$\mathcal{Q}^{\leq Av} = \{\text{TA, Fa, Po}\}, \quad \mathcal{C}^{\leq Av} = \{\text{TA, Fa, Po}\}.$$

- Parámetros costos base:

$$C_i^{Q,base} = \sum_{eq} C_{eq}^Q BaseQual_{i,eq}, \quad C_i^{C,base} = \sum_{ec} C_{ec}^C BaseCond_{i,ec}.$$

- Selección final de materiales:

$$Exterior1st_{i,e_1} \in \{0, 1\} \forall e_1 \in \mathcal{E}, \quad \sum_{e_1} Exterior1st_{i,e_1} = 1,$$

$$Exterior2nd_{i,e_2} \in \{0, 1\} \forall e_2 \in \mathcal{E}, \quad \sum_{e_2} Exterior2nd_{i,e_2} = Has2_i.$$

- Variables finales de calidad y condición:

$$ExterQualSel_{i,eq} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{eq} ExterQualSel_{i,eq} = 1,$$

$$ExterCondSel_{i,ec} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{ec} ExterCondSel_{i,ec} = 1.$$

- Binarias de caminos y elegibilidad:

$$UpgMat_i, UpgQC_i, Eligible_i \in \{0, 1\}.$$

- Detección de cambio de material:

$$Change1_i, Change2_i \in \{0, 1\}.$$

-Activación binarias:

$$\begin{aligned} Eligible_i &\geq \sum_{eq \in Q \leq Av} BaseQual_{i,eq}, & Eligible_i &\geq \sum_{ec \in C \leq Av} BaseCond_{i,ec}, \\ Eligible_i &\leq \sum_{eq \in Q \leq Av} BaseQual_{i,eq} + \sum_{ec \in C \leq Av} BaseCond_{i,ec}. \end{aligned}$$

-Restricción de caminos excluyentes:

$$UpgMat_i + UpgQC_i \leq Eligible_i.$$

-Restricción de que no empeora calidad ni condición:

$$Exterior1st_{i,e_1} = 0 \quad \forall e_1 : C_{e_1}^{(1)} < C_{(e_1)_i}^{(1)base},$$

$$Exterior2nd_{i,e_2} = 0 \quad \forall e_2 : C_{e_2}^{(2)} < C_{(e_2)_i}^{(2)base},$$

$$ExterQualSel_{i,eq} = 0 \quad \forall eq : C_{eq}^Q < C_i^{Q,base}, \quad ExterCondSel_{i,ec} = 0 \quad \forall ec : C_{ec}^C < C_i^{C,base}.$$

-Restricciones material sólo cambia si se toma el camino material:

$$\sum_{\substack{e_1 \in \mathcal{E} \\ e_1 \neq (e_1)_i^{base}}} Exterior1st_{i,e_1} \leq UpgMat_i,$$

$$\sum_{\substack{e_2 \in \mathcal{E} \\ e_2 \neq (e_2)_i^{base}}} Exterior2nd_{i,e_2} \leq UpgMat_i \cdot Has2_i.$$

$$\sum_{\substack{eq \in Q \\ BaseQual_{i,eq}=0}} ExterQualSel_{i,eq} \leq UpgQC_i,$$

$$\sum_{\substack{ec \in C \\ BaseCond_{i,ec}=0}} ExterCondSel_{i,ec} \leq UpgQC_i.$$

-Restricciones de exclusion:

$$\sum_{\substack{eq \in Q \\ BaseQual_{i,eq}=0}} ExterQualSel_{i,eq} \leq 1 - UpgMat_i,$$

$$\begin{aligned}
\sum_{\substack{ec \in \mathcal{C} \\ BaseCond_{i,ec}=0}} ExterCondSel_{i,ec} &\leq 1 - UpgMat_i, \\
\sum_{\substack{e_1 \in \mathcal{E} \\ e_1 \neq (e_1)_i^{base}}} Exterior1st_{i,e_1} &\leq 1 - UpgQC_i, \\
\sum_{\substack{e_2 \in \mathcal{E} \\ e_2 \neq (e_2)_i^{base}}} Exterior2nd_{i,e_2} &\leq (1 - UpgQC_i) \cdot Has2_i.
\end{aligned}$$

-Restricciones de cambio de material:

$$\begin{aligned}
Change1_i &\geq Exterior1st_{i,e_1} \quad \forall e_1 \neq (e_1)_i^{base}, & Change1_i &\leq \sum_{\substack{e_1 \in \mathcal{E} \\ e_1 \neq (e_1)_i^{base}}} Exterior1st_{i,e_1}, \\
Change2_i &\geq Exterior2nd_{i,e_2} \quad \forall e_2 \neq (e_2)_i^{base}, & Change2_i &\leq \sum_{\substack{e_2 \in \mathcal{E} \\ e_2 \neq (e_2)_i^{base}}} Exterior2nd_{i,e_2}.
\end{aligned}$$

-Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\begin{aligned}
\sum_{i \in \mathcal{I}} &\left[\underbrace{C_1^{dem} UpgMat_i}_{\text{demolición frente 1}} + \underbrace{C_{(e_1)_i^{base}}^{(1)} (UpgMat_i - Change1_i)}_{\text{reconstruir material base (1)}} + \underbrace{\sum_{\substack{e_1 \in \mathcal{E} \\ e_1 \neq (e_1)_i^{base}}} C_{e_1}^{(1)} Exterior1st_{i,e_1}}_{\text{cambiar a material más caro (1)}} \\
&+ \underbrace{Has2_i \left(C_2^{dem} UpgMat_i + C_{(e_2)_i^{base}}^{(2)} (UpgMat_i - Change2_i) + \sum_{\substack{e_2 \in \mathcal{E} \\ e_2 \neq (e_2)_i^{base}}} C_{e_2}^{(2)} Exterior2nd_{i,e_2} \right)}_{\text{frente 2 sólo si existe}} \\
&+ \underbrace{\sum_{\substack{eq \in \mathcal{Q} \\ BaseQual_{i,eq}=0}} C_{eq}^Q ExterQualSel_{i,eq} + \sum_{\substack{ec \in \mathcal{C} \\ BaseCond_{i,ec}=0}} C_{ec}^C ExterCondSel_{i,ec}}_{\text{mejorar calidad/condición}} \right].
\end{aligned}$$

- MasVnrType: Se puede cambiar a alternativas que sean de costo mayor o mantenerse.

- Parámetro de tipo original:

$$t_i^{base} \in t \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Parámetro de costo por tipo:

$$C_t \quad \forall t$$

- Definición de conjunto permitido (quedarse o subir):

$$\mathcal{T}_i^+ = \{t \in \{BrkCmn, BrkFace, CBlock, None, Stone\} : C_t \geq C_{t_i^{\text{base}}}\}.$$

- Variables de decisión:

$$MasVnrType_{i,t} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall t \in \mathcal{T}_i^+.$$

- Restricción:

$$\sum_{t \in \mathcal{T}_i^+} MasVnrType_{i,t} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoMasVnr}^A = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{t \in \mathcal{T}_i^+ \\ t \neq t_i^{\text{base}}}} C_t MasVnrType_{i,t}.$$

- Electrical: Se puede cambiar a alternativas que sean de costo mayor o mantenerse.

- Parámetro de tipo eléctrico original:

$$e_i^{\text{base}} \in e \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Parámetro de costo por tipo eléctrico:

$$C_e \quad \forall e \in \mathcal{E}.$$

- Definición de conjunto permitido:

$$\mathcal{E}_i^+ = \{e \in \{SBrkr, FuseA, FuseF, FuseP, Mix\} : C_e \geq C_{e_i^{\text{base}}}\}.$$

- Variables de decisión:

$$Electrical_{i,e} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall e \in \mathcal{E}_i^+.$$

- Restricción:

$$\sum_{e \in \mathcal{E}_i^+} Electrical_{i,e} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoElectrical}^A = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{e \in \mathcal{E}_i^+ \\ e \neq e_i^{\text{base}}}} C_e Electrical_{i,e}.$$

- CentralAir: Si la casa no tiene aire central, se permite mantener No o cambiar a Yes, incurriendo en el costo de implementación. Si la casa ya tiene aire central, se mantiene en Yes.

- Parámetro de estado original de Central Air:

$$a_i^{\text{base}} \in a \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Costo de implementación de Central Air:

$$C_{\text{CentralAir}}$$

- Conjunto permitido por ítem:

$$\mathcal{A}_{i,\text{allow}} = \begin{cases} \{\text{Yes}\} & \text{si } a_i^{\text{base}} = \text{Yes}, \\ \{\text{No}, \text{Yes}\} & \text{si } a_i^{\text{base}} = \text{No}. \end{cases}$$

- Variables binarias:

$$\text{CentralAir}_{i,a} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall a \in \mathcal{A}_{i,\text{allow}}.$$

- Selección única:

$$\sum_{a \in \mathcal{A}_{i,\text{allow}}} \text{CentralAir}_{i,a} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\sum_{i \in \mathcal{I}: a_i^{\text{base}} = \text{No}} C_{\text{CentralAir}} \cdot \text{CentralAir}_{i,\text{Yes}}.$$

- Heating y Heating QC: Si HeatingQC es *Average/Typical* o peor, entonces pueden decidirse dos caminos. El primero es que el tipo de *Heating* puede mantenerse construyéndolo de nuevo o cambiarse a uno de mayor costo que el actual. El segundo, es que HeatingQC puede cambiar aumentando su calidad a una mejor.

- Tipos de Heating:

$$\mathcal{H} = \{\text{Floor}, \text{GasA}, \text{GasW}, \text{Grav}, \text{OthW}, \text{Wall}\}.$$

- Calidades de HeatingQC:

$$\mathcal{Q} = \{\text{Ex}, \text{Gd}, \text{TA}, \text{Fa}, \text{Po}\}, \quad \mathcal{Q}^{\leq Av} = \{\text{TA}, \text{Fa}, \text{Po}\}.$$

- Parámetros de costos:

$$C_h \quad \forall h \in \mathcal{H}, \quad C_{hqc} \quad \forall hqc \in \mathcal{Q}, \quad C_{\text{demolición}} \geq 0.$$

- Parámetros de tipo base y calidad base:

$$h_i^{\text{base}} \in \mathcal{H}, \quad BaseQC_{i,q} \in \{0,1\}, \quad \sum_{q \in \mathcal{Q}} BaseQC_{i,q} = 1.$$

- Conjuntos “no empeorar” respecto a la base:

$$\mathcal{H}_i^+ = \{h \in \mathcal{H} : C_h \geq C_{h_i^{\text{base}}}\}, \quad \mathcal{Q}_i^+ = \{q \in \mathcal{Q} : C_q \geq \sum_{q_0 \in \mathcal{Q}} C_{q_0} BaseQC_{i,q_0}\}.$$

- Variables de desición:

$$Heating_{i,h} \in \{0,1\} \quad \forall h \in \mathcal{H}_i^+, \quad \sum_{h \in \mathcal{H}_i^+} Heating_{i,h} = 1,$$

$$HeatingQC_{i,q} \in \{0,1\} \quad \forall q \in \mathcal{Q}_i^+, \quad \sum_{q \in \mathcal{Q}_i^+} HeatingQC_{i,q} = 1.$$

- Binarias de *caminos* (excluyentes) y elegibilidad:

$$UpgType_i, UpgQC_i, Eligible_i \in \{0,1\} \quad \forall i.$$

- Binaria auxiliar para detectar cambio de tipo:

$$ChangeType_i \in \{0,1\} \quad \forall i.$$

-Activación binaria:

$$Eligible_i \geq BaseQC_{i,q} \quad \forall q \in \mathcal{Q}^{\leq Av}, \quad Eligible_i \leq \sum_{q \in \mathcal{Q}^{\leq Av}} BaseQC_{i,q}.$$

$$UpgType_i + UpgQC_i \leq Eligible_i.$$

$$\sum_{\substack{h \in \mathcal{H}_i^+ \\ h \neq h_i^{\text{base}}}} Heating_{i,h} \leq UpgType_i,$$

$$\sum_{\substack{q \in \mathcal{Q}_i^+ \\ q \neq q_0}} HeatingQC_{i,q} \leq UpgQC_i, \quad \text{donde } q_0 \text{ satisface } BaseQC_{i,q_0} = 1.$$

$$\sum_{\substack{h \in \mathcal{H}_i^+ \\ h \neq h_i^{\text{base}}}} Heating_{i,h} \leq Eligible_i, \quad \sum_{\substack{q \in \mathcal{Q}_i^+ \\ q \neq q_0}} HeatingQC_{i,q} \leq Eligible_i.$$

-Restricción que excluye ambos caminos simultáneos:

$$\sum_{\substack{q \in \mathcal{Q}_i^+ \\ q \neq q_0}} HeatingQC_{i,q} \leq 1 - UpgType_i,$$

$$\sum_{\substack{h \in \mathcal{H}_i^+ \\ h \neq h_i^{\text{base}}}} Heating_{i,h} \leq 1 - UpgQC_i.$$

$$ChangeType_i \geq Heating_{i,h} \quad \forall h \in \mathcal{H}_i^+ : h \neq h_i^{\text{base}}, \quad ChangeType_i \leq \sum_{\substack{h \in \mathcal{H}_i^+ \\ h \neq h_i^{\text{base}}}} Heating_{i,h}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\begin{aligned} & \underbrace{C_{\text{destrucción}} UpgType_i}_{\text{demolición}} + \underbrace{C_{h_i^{\text{base}}} (UpgType_i - ChangeType_i)}_{\text{reconstruir mismo tipo (mismo costo de base)}} \\ & + \underbrace{\sum_{\substack{h \in \mathcal{H}_i^+ \\ h \neq h_i^{\text{base}}}} C_h Heating_{i,h}}_{\text{cambiar a tipo más caro}} + \underbrace{\sum_{\substack{q \in \mathcal{Q}_i^+ \\ q \neq q_0}} C_{hq} HeatingQC_{i,q}}_{\text{cambiar calidad}}, \quad \text{con } q_0 : BaseQC_{i,q_0} = 1. \end{aligned} \quad (1)$$

- KitchenQual: La calidad de la cocina puede aumentar si es Typical/Average o peor.
- Conjunto de calidades posibles:

$$\mathcal{K} = \{\text{Ex, Gd, TA, Fa, Po}\}.$$

- Parámetro de costo:

$$C_k \quad \forall k \in \mathcal{K}.$$

- Parámetro de categoría base por ítem:

$$k_i^{\text{base}} \in \mathcal{K} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Subconjunto “Average/Typical o peor”:

$$\mathcal{K}^{\leq Av} = \{\text{TA, Fa, Po}\}.$$

- Variables binarias de estado de calidad:

$$KitchenQual_{i,k} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall k \in \mathcal{K}.$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} KitchenQual_{i,k} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Variable de activación de mejora:

$$UpgKitch_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Restricciones de activación:

$$UpgKitch_i \geq KitchenQual_{i,k} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall k \in \mathcal{K}^{\leq Av},$$

$$UpgKitch_i \leq \sum_{k \in \mathcal{K}^{\leq Av}} KitchenQual_{i,k} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Conjunto permitido dependiente de $UpgKitch_i$:

$$\mathcal{K}_{i,allow} = \begin{cases} \{k_i^{base}\} & \text{si } UpgKitch_i = 0, \\ \{k \in \mathcal{K} : C_k \geq C_{k_i^{base}}\} & \text{si } UpgKitch_i = 1. \end{cases}$$

- Variables binarias prefiltradas:

$$KitchenQual_{i,k} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall k \in \mathcal{K}_{i,allow}.$$

- Selección única dentro del conjunto permitido:

$$\sum_{k \in \mathcal{K}_{i,allow}} KitchenQual_{i,k} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$CostoKitchen^A = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{k \in \mathcal{K}_{i,allow} \\ k \neq k_i^{base}}} C_k KitchenQual_{i,k}.$$

- BsmtFinSF1, BsmtFinSF2, BsmtUnfSF, TotalBsmtSF: Si existe área no terminada del sótano ($BsmtUnfSF > 0$), se da la posibilidad de terminarla, reasignando toda esa superficie a las zonas terminadas 1 y/o 2. Si se decide terminar, se termina completamente.

- Parámetros base por ítem:

$$(BsmtFinSF1)_i^{base} \in \mathbb{Z}_{\geq 0},$$

$$(BsmtFinSF2)_i^{base} \in \mathbb{Z}_{\geq 0},$$

$$(BsmtUnfSF)_i^{base} \in \mathbb{Z}_{\geq 0},$$

$$(TotalBsmtSF)_i^{base} \in \mathbb{Z}_{\geq 0},$$

con

$$(TotalBsmtSF)_i^{base} = (BsmtFinSF1)_i^{base} + (BsmtFinSF2)_i^{base} + (BsmtUnfSF)_i^{base} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Variables de decisión:

$$BsmtFinSF1_i \in \mathbb{Z}_{\geq 0}, BsmtFinSF2_i \in \mathbb{Z}_{\geq 0}, BsmtUnfSF_i \in \mathbb{Z}_{\geq 0} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Variable binaria de decisión para “terminar completamente el sótano”:

$$FinishBSMT_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Variables de transferencia de superficie:

$$x_i^{(1)}, x_i^{(2)} \in \mathbb{Z}_{\geq 0} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Conservación del total de sótano:

$$BsmfFinSF1_i + BsmfFinSF2_i + BsmfUnfSF_i = (TotalBsmfSF)_i^{base} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Todo o nada sobre el área sin terminar:

$$BsmfUnfSF_i = (1 - FinishBSMT_i) (BsmfUnfSF)_i^{base} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Definición de las zonas terminadas mediante la transferencia:

$$BsmfFinSF1_i = (BsmfFinSF1)_i^{base} + x_i^{(1)}, \quad BsmfFinSF2_i = (BsmfFinSF2)_i^{base} + x_i^{(2)} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se termina, se transfiere **toda** el área no terminada:

$$x_i^{(1)} + x_i^{(2)} = (BsmfUnfSF)_i^{base} FinishBSMT_i \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se termina de construir el sótano se incurre en un costo por méetro cuadrado construido (C_{Bsmf}), en la FO agregar: **** REVISAR: debería ser pies cuadrados

$$CostoBsmf = \sum_{i \in \mathcal{I}} C_{Bsmf} (x_i^{(1)} + x_i^{(2)}).$$

- BsmfCond: Si la condición del sótano es *Typical/Average* o peor, entonces puede mantenerse en su nivel base o mejorarse a Good (Gd) o Excellent (Ex), incurriendo en el costo correspondiente.

- Conjunto de categorías posibles:

$$\mathcal{B} = \{Ex, Gd, TA, Fa, Po\}.$$

- Parámetro de costo:

$$C_b \quad \forall b \in \mathcal{B}.$$

- Parámetro de categoría base por ítem:

$$b_i^{base} \in \mathcal{B} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Subconjunto “Average/Typical o peor”:

$$\mathcal{B}^{\leq Av} = \{TA, Fa, Po\}.$$

- Variables binarias de estado de condición:

$$BsmtCond_{i,b} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall b \in \mathcal{B}.$$

$$\sum_{b \in \mathcal{B}} BsmtCond_{i,b} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Variable de activación de mejora:

$$UpgBsmt_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Restricciones de activación:

$$UpgBsmt_i \geq BsmtCond_{i,b} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall b \in \mathcal{B}^{\leq Av},$$

$$UpgBsmt_i \leq \sum_{b \in \mathcal{B}^{\leq Av}} BsmtCond_{i,b} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Definición de conjunto permitido dependiente de $UpgBsmt_i$:

$$\mathcal{B}_{i,allow} = \begin{cases} \{b_i^{base}\} & \text{si } UpgBsmt_i = 0, \\ \{b \in \mathcal{B} : C_b \geq C_{b_i^{base}}\} & \text{si } UpgBsmt_i = 1. \end{cases}$$

- Variables binarias prefiltradas:

$$BsmtCond_{i,b} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall b \in \mathcal{B}_{i,allow}.$$

- Selección única dentro del conjunto permitido:

$$\sum_{b \in \mathcal{B}_{i,allow}} BsmtCond_{i,b} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoBsmtCond}^A = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{b \in \mathcal{B}_{i,allow} \\ b \neq b_i^{base}}} C_b BsmtCond_{i,b},$$

- BsmtFinType1 y BsmtFinType2: Si existe BsmtFinType1 y BsmtFinType2, entonces si una tipología está en *Rec* o peor (*Rec/LwQ/Unf*), se da la posibilidad de aumentar la calidad a una de mayor costo. Si la tipología está en *NA*, no se hace nada se mantiene *NA* y no hay costo.

- Conjunto de categorías:

$$\mathcal{B} = \{\text{GLQ, ALQ, BLQ, Rec, LwQ, Unf, NA}\}.$$

- Subconjunto “Rec o peor”:

$$\mathcal{B}^{\leq Rec} = \{\text{Rec, LwQ, Unf}\}.$$

- Costo por categoría ($C_{NA} = 0$):

$$C_b \quad \forall b \in \mathcal{B}.$$

- Parámetros de la categoría base:

$$BaseB1_{i,b} \in \{0,1\}, \quad \sum_{b \in \mathcal{B}} BaseB1_{i,b} = 1, \quad BaseB2_{i,b} \in \{0,1\}, \quad \sum_{b \in \mathcal{B}} BaseB2_{i,b} = HasB2_i.$$

- Indicador de existencia de BsmtFinType2:

$$HasB2_i \in \{0,1\}.$$

- Variables:

$$BsmtFinType1_{i,b_1} \in \{0,1\} \quad \forall b_1 \in \mathcal{B}, \quad \sum_{b_1 \in \mathcal{B}} BsmtFinType1_{i,b_1} = 1,$$

$$BsmtFinType2_{i,b_2} \in \{0,1\} \quad \forall b_2 \in \mathcal{B}, \quad \sum_{b_2 \in \mathcal{B}} BsmtFinType2_{i,b_2} = HasB2_i.$$

- Binarias de activación:

$$UpdB1_i, UpdB2_i \in \{0,1\}.$$

- Activación de binarias:

$$UpdB1_i \geq BaseB1_{i,b} \quad \forall b \in \mathcal{B}^{\leq Rec}, \quad UpdB1_i \leq \sum_{b \in \mathcal{B}^{\leq Rec}} BaseB1_{i,b},$$

$$UpdB2_i \geq BaseB2_{i,b} \quad \forall b \in \mathcal{B}^{\leq Rec}, \quad UpdB2_i \leq \sum_{b \in \mathcal{B}^{\leq Rec}} BaseB2_{i,b}.$$

- Permitidos para BsmtFinType1:

$$\mathcal{B}_{i,allow}^{(1)} = \begin{cases} \{NA\} & \text{si } BaseB1_{i,NA} = 1, \\ \{b : \sum_{b_0} C_b \geq \sum_{b_0} C_{b_0} BaseB1_{i,b_0}\} & \text{si } BaseB1_{i,NA} = 0 \text{ y } UpdB1_i = 1, \\ \{b : BaseB1_{i,b} = 1\} & \text{si } BaseB1_{i,NA} = 0 \text{ y } UpdB1_i = 0. \end{cases}$$

- Permitidos para BsmtFinType2 (solo si $HasB2_i = 1$):

$$\mathcal{B}_{i,allow}^{(2)} = \begin{cases} \emptyset & \text{si } HasB2_i = 0, \\ \{NA\} & \text{si } BaseB2_{i,NA} = 1, \\ \{b : \sum_{b_0} C_b \geq \sum_{b_0} C_{b_0} BaseB2_{i,b_0}\} & \text{si } BaseB2_{i,NA} = 0 \text{ y } UpdB2_i = 1, \\ \{b : BaseB2_{i,b} = 1\} & \text{si } BaseB2_{i,NA} = 0 \text{ y } UpdB2_i = 0. \end{cases}$$

$$\sum_{b_1 \in \mathcal{B}_{i,\text{allow}}^{(1)}} BsmfFinType1_{i,b_1} = 1, \quad \sum_{b_2 \in \mathcal{B}_{i,\text{allow}}^{(2)}} BsmfFinType2_{i,b_2} = HasB2_i.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoB1}^A = \sum_i \sum_{\substack{b_1 \in \mathcal{B}_{i,\text{allow}}^{(1)} \\ b_1 \neq b_0}} C_{b_1} BsmfFinType1_{i,b_1}, \quad \text{con } b_0 : BaseB1_{i,b_0} = 1,$$

$$\text{CostoB2}^A = \sum_{i: HasB2_i=1} \sum_{\substack{b_2 \in \mathcal{B}_{i,\text{allow}}^{(2)} \\ b_2 \neq b_0}} C_{b_2} BsmfFinType2_{i,b_2}, \quad \text{con } b_0 : BaseB2_{i,b_0} = 1.$$

- FireplaceQu: Si la calidad de la chimenea es TA, se permite mantener o subir a Gd o Ex. Si es Po, se permite mantener o subir a Fa. Si es NA, no se hace nada.

- Conjunto de categorías:

$$\mathcal{F} = \{\text{Ex, Gd, TA, Fa, Po, NA}\}.$$

- Costo por categoría (definir $C_{\text{NA}} = 0$ para conveniencia):

$$C_f \quad \forall f \in \{\text{Ex, Gd, TA, Fa, Po}\}.$$

- Categoría base por ítem:

$$f_i^{\text{base}} \in \mathcal{F} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Conjunto permitido dependiente de f_i^{base} :

$$\mathcal{F}_{i,\text{allow}} = \begin{cases} \{\text{NA}\} & \text{si } f_i^{\text{base}} = \text{NA}, \\ \{\text{TA, Gd, Ex}\} & \text{si } f_i^{\text{base}} = \text{TA}, \\ \{\text{Po, Fa}\} & \text{si } f_i^{\text{base}} = \text{Po}, \\ \{f_i^{\text{base}}\} & \text{si } f_i^{\text{base}} \in \{\text{Fa, Gd, Ex}\}. \end{cases}$$

- Variables binarias:

$$FireplaceQu_{i,f} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall f \in \mathcal{F}_{i,\text{allow}}.$$

- Selección única:

$$\sum_{f \in \mathcal{F}_{i,\text{allow}}} FireplaceQu_{i,f} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoFire}^A = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{f \in \mathcal{F}_{i,\text{allow}} \\ f \neq f_i^{\text{base}}}} C_f FireplaceQu_{i,f}.$$

- Fence: Si la cerca es GdWo o MnWw, se permite mantener o subir a MnPrv o GdPrv. Si es NA, se permite construir con costo por pie cuadrado proporcional a $LotFrontage_i$.

- Conjunto de categorías:

$$\mathcal{F} = \{\text{GdPrv}, \text{MnPrv}, \text{GdWo}, \text{MnWw}, \text{NA}\}.$$

- Costo por categoría de calidad (definir $C_{\text{NA}} = 0$):

$$C_f^{\text{cat}} \quad \forall f \in \mathcal{F}.$$

- Costo de construcción por pie cuadrado:

$$C_{\text{Fence}}^{\text{psf}} \geq 0.$$

- Parámetro de superficie del lote:

$$LotArea_i \geq 0 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Categoría base:

$$f_i^{\text{base}} \in \mathcal{F} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Conjunto permitido dependiente de f_i^{base} :

$$\mathcal{F}_{i,\text{allow}} = \begin{cases} \{\text{NA}, \text{MnPrv}, \text{GdPrv}\} & \text{si } f_i^{\text{base}} = \text{NA}, \\ \{f_i^{\text{base}}, \text{MnPrv}, \text{GdPrv}\} & \text{si } f_i^{\text{base}} \in \{\text{GdWo}, \text{MnWw}\}, \\ \{f_i^{\text{base}}\} & \text{si } f_i^{\text{base}} \in \{\text{MnPrv}, \text{GdPrv}\}. \end{cases}$$

- Variables binarias:

$$Fence_{i,f} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall f \in \mathcal{F}_{i,\text{allow}}.$$

- Selección única:

$$\sum_{f \in \mathcal{F}_{i,\text{allow}}} Fence_{i,f} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoFence}^{\text{cat}} = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{f \in \mathcal{F}_{i,\text{allow}} \\ f \neq f_i^{\text{base}}}} C_f^{\text{cat}} Fence_{i,f}.$$

- Si se decide construir se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoFence}^{\text{build}} = \sum_{i \in \mathcal{I}: f_i^{\text{base}} = \text{NA}} C_{\text{Fence}}^{\text{psf}} \cdot LotFrontage_i \cdot (Fence_{i,\text{MnPrv}} + Fence_{i,\text{GdPrv}}).$$

- Paved Drive: Si es P:Partial Pavement se puede subir a Y: Paved. Si es N: Dirt/Gravel se puede subir a P o Y.

- Conjunto de categorías:

$$\mathcal{D} = \{Y, P, N\}.$$

- Parámetro de costo por categoría:

$$C_d \quad \forall d \in \mathcal{D}.$$

- Categoría base:

$$d_i^{\text{base}} \in \mathcal{D} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Conjuntos permitidos:

$$\mathcal{D}_{i,\text{allow}} = \begin{cases} \{Y\} & \text{si } d_i^{\text{base}} = Y, \\ \{P, Y\} & \text{si } d_i^{\text{base}} = P, \\ \{N, P, Y\} & \text{si } d_i^{\text{base}} = N. \end{cases}$$

- Variables:

$$PavedDrive_{i,d} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall d \in \mathcal{D}_{i,\text{allow}},$$

-Restricción:

$$\sum_{d \in \mathcal{D}_{i,\text{allow}}} PavedDrive_{i,d} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoPaved}^A = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{d \in \mathcal{D}_{i,\text{allow}} \\ d \neq d_i^{\text{base}}}} C_d PavedDrive_{i,d}.$$

- GarageQual y GarageCond: Si alguno es Typical/Average o peor (TA/Fa/Po), entonces ambos pueden mantenerse o subir a una categoría de mayor costo

- Conjunto de categorías:

$$\mathcal{G} = \{\text{Ex}, \text{Gd}, \text{TA}, \text{Fa}, \text{Po}, \text{NA}\}.$$

- Subconjunto “Average/Typical o peor”:

$$\mathcal{G}^{\leq Av} = \{\text{TA}, \text{Fa}, \text{Po}\}.$$

- Costos por categoría (definir $C_{\text{NA}} = 0$):

$$C_g^Q \quad \forall g \in \mathcal{G} \quad (\text{GarageQual}), \quad C_g^C \quad \forall g \in \mathcal{G} \quad (\text{GarageCond}).$$

- Parámetro de costos:

$$C_i^{Q,\text{base}} \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad (\text{GarageQual}), \quad C_i^{C,\text{base}} \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad (\text{GarageCond}).$$

- Parámetros base:

$$BaseGQual_{i,g} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{g \in \mathcal{G}} BaseGQual_{i,g} = 1,$$

$$BaseGCond_{i,g} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{g \in \mathcal{G}} BaseGCond_{i,g} = 1.$$

- Variables:

$$GarageQual_{i,g} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{g \in \mathcal{G}} GarageQual_{i,g} = 1,$$

$$GarageCond_{i,g} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{g \in \mathcal{G}} GarageCond_{i,g} = 1.$$

- Variable de activación:

$$UpgGar_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Restricciones de activación:

$$UpgGar_i \geq BaseGQual_{i,g} \quad \forall g \in \mathcal{G}^{\leq Av}, \quad UpgGar_i \geq BaseGCond_{i,g} \quad \forall g \in \mathcal{G}^{\leq Av},$$

$$UpgGar_i \leq \sum_{g \in \mathcal{G}^{\leq Av}} \left(BaseGQual_{i,g} + BaseGCond_{i,g} \right) \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Permitidos para **GarageQual**:

$$\mathcal{G}_{i,\text{allow}}^Q = \begin{cases} \{\text{NA}\} & \text{si } BaseGQual_{i,\text{NA}} = 1, \\ \{g : C_g^Q \geq C_i^{Q,\text{base}}\} & \text{si } BaseGQual_{i,\text{NA}} = 0 \text{ y } UpgGar_i = 1, \\ \{g : BaseGQual_{i,g} = 1\} & \text{si } BaseGQual_{i,\text{NA}} = 0 \text{ y } UpgGar_i = 0. \end{cases}$$

- Permitidos para **GarageCond**:

$$\mathcal{G}_{i,\text{allow}}^C = \begin{cases} \{\text{NA}\} & \text{si } BaseGCond_{i,\text{NA}} = 1, \\ \{g : C_g^C \geq C_i^{C,\text{base}}\} & \text{si } BaseGCond_{i,\text{NA}} = 0 \text{ y } UpgGar_i = 1, \\ \{g : BaseGCond_{i,g} = 1\} & \text{si } BaseGCond_{i,\text{NA}} = 0 \text{ y } UpgGar_i = 0. \end{cases}$$

-Restricciones:

$$GarageQual_{i,g} = 0 \quad \forall g \notin \mathcal{G}_{i,\text{allow}}^Q, \quad \sum_{g \in \mathcal{G}_{i,\text{allow}}^Q} GarageQual_{i,g} = 1,$$

$$GarageCond_{i,g} = 0 \quad \forall g \notin \mathcal{G}_{i,\text{allow}}^C, \quad \sum_{g \in \mathcal{G}_{i,\text{allow}}^C} GarageCond_{i,g} = 1.$$

-Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoGar}^A = \sum_{i \in \mathcal{I}} \left[\sum_{\substack{g \in \mathcal{G}_{i,\text{allow}}^Q \\ g \neq g_0^Q}} C_g^Q GarageQual_{i,g} + \sum_{\substack{g \in \mathcal{G}_{i,\text{allow}}^C \\ g \neq g_0^C}} C_g^C GarageCond_{i,g} \right],$$

donde k_0^Q y k_0^C son las categorías base tales que $BaseGQual_{i,k_0^Q} = 1$ y $BaseGCond_{i,k_0^C} = 1$.

- Área libre y decisiones de ampliación/agregado: Para agregados se toman en consideración BedRoom, Kitchen, HalfBath y FullBath, los cuales si hay espacio disponible se pueden agregar en orden de uno, es decir uno de cada uno. Este tipo de habitación se agregan según el área mínima habitable permitida. Para ampliaciones se consideraron GarageArea, WoodDeckSF, OpenPorchSF, EnclosedPorch, 3SsnPorch, ScreenPorch y PoolArea. A estos espacios se les permite ampliar en una escala de 3. Ampliaciones pequeñas involucran un aumento del 10%, ampliaciones moderadas de un 20% y ampliaciones grandes de un 30%.

- Parámetros base:

$$\begin{aligned} (LotArea)_i &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \\ (GrLivArea)_i^{base} &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \\ (GarageArea)_i^{base} &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \\ (WoodDeckSF)_i^{base} &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \\ (OpenPorchSF)_i^{base} &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \\ (EnclosedPorch)_i^{base} &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \\ (3SsnPorch)_i^{base} &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \\ (ScreenPorch)_i^{base} &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \\ (PoolArea)_i^{base} &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}. \end{aligned}$$

- Área libre *base* (parámetro calculado):

$$\begin{aligned} (\text{AreaLibre})_i^{base} &= (LotArea)_i - \left[(GrLivArea)_i^{base} + (GarageArea)_i^{base} + (WoodDeckSF)_i^{base} \right. \\ &\quad + (OpenPorchSF)_i^{base} + (EnclosedPorch)_i^{base} + (3SsnPorch)_i^{base} \\ &\quad \left. + (ScreenPorch)_i^{base} + (PoolArea)_i^{base} \right]. \end{aligned}$$

- Superficies fijas de los agregados (ft²):

$$A^{\text{Full}} = 40, \quad A^{\text{Half}} = 20, \quad A^{\text{Kitch}} = 75, \quad A^{\text{Bed}} = 70.$$

- Ampliaciones porcentuales: para evitar no-enteros, definir como parámetros

$$\Delta_{i,c}^{10} = \lfloor 0.10 \cdot (c)_i^{\text{base}} \rfloor, \quad \Delta_{i,c}^{20} = \lfloor 0.20 \cdot (c)_i^{\text{base}} \rfloor, \quad \Delta_{i,c}^{30} = \lfloor 0.30 \cdot (c)_i^{\text{base}} \rfloor,$$

para cada $c \in \mathcal{C} = \{\text{GarageArea}, \text{WoodDeckSF}, \text{OpenPorchSF}, \text{EnclosedPorch}, \text{3SsnPorch}, \text{ScreenPorch}, \text{PoolArea}\}$.

($\lfloor \cdot \rfloor$ indica redondeo a entero)

- Binarias para agregados puntuales, es decir a lo más se agrega 1 de cada una de las siguientes habitaciones:

$$\text{AddFull}_i, \text{AddHalf}_i, \text{AddKitch}_i, \text{AddBed}_i \in \{0, 1\} \quad \forall i.$$

- Ampliaciones porcentuales, a lo más se realiza una ampliación por componente:

$$\begin{aligned} z_{i,c}^{10}, z_{i,c}^{20}, z_{i,c}^{30} &\in \{0, 1\} \quad \forall i, \forall c \in \mathcal{C}, \\ z_{i,c}^{10} + z_{i,c}^{20} + z_{i,c}^{30} &\leq 1 \quad \forall i, \forall c \in \mathcal{C}. \end{aligned}$$

- Variables de áreas finales post ampliación:

$$\begin{aligned} &(\text{GrLivArea})_i, (\text{GarageArea})_i, (\text{WoodDeckSF})_i, (\text{OpenPorchSF})_i, (\text{EnclosedPorch})_i, \\ &(\text{3SsnPorch})_i, (\text{ScreenPorch})_i, (\text{PoolArea})_i, (\text{AreaLibre})_i \in \mathbb{Z}_{\geq 0}. \end{aligned}$$

- Variables contadores de ambientes finales:

$$\text{FullBath}_i, \text{HalfBath}_i, \text{Bedroom}_i, \text{Kitchen}_i \in \mathbb{Z}_{\geq 0}.$$

- Vincular agregados al living area y a contadores:

$$(\text{GrLivArea})_i = (\text{GrLivArea})_i^{\text{base}} + A^{\text{Kitch}} (\text{AddKitch})_i + A^{\text{Bed}} (\text{AddBed})_i.$$

$$\text{FullBath}_i = (\text{FullBath})_i^{\text{base}} + \text{AddFull}_i, \quad \text{HalfBath}_i = (\text{HalfBath})_i^{\text{base}} + \text{AddHalf}_i,$$

$$\text{Bedroom}_i = (\text{Bedroom})_i^{\text{base}} + \text{AddBed}_i, \quad \text{Kitchen}_i = (\text{Kitchen})_i^{\text{base}} + \text{AddKitch}_i.$$

- Vincular ampliaciones porcentuales a áreas finales (cada componente c):

$$c_i = (c)_i^{\text{base}} + \Delta_{i,c}^{10} z_{i,c}^{10} + \Delta_{i,c}^{20} z_{i,c}^{20} + \Delta_{i,c}^{30} z_{i,c}^{30} \quad \forall c \in \mathcal{C}.$$

-Actualización y capacidad de AreaLibre, no se agrega ni amplía si no hay suficiente espacio:

$$\begin{aligned} (\text{AreaLibre})_i &= (\text{AreaLibre})_i^{\text{base}} - \left[A^{\text{Full}} (\text{AddFull})_i + A^{\text{Half}} (\text{AddHalf})_i + A^{\text{Kitch}} (\text{AddKitch})_i \right. \\ &\quad \left. + A^{\text{Bed}} (\text{AddBed})_i \right] \\ &\quad - \sum_{c \in \mathcal{C}} \left[\Delta_{i,c}^{10} z_{i,c}^{10} + \Delta_{i,c}^{20} z_{i,c}^{20} + \Delta_{i,c}^{30} z_{i,c}^{30} \right]. \end{aligned}$$

$$AreaLibre_i \geq 0.$$

- Costo por f²:

$$CostoLiv = \sum_i C_{liv} \left(A^{Full} AddFull_i + A^{Half} AddHalf_i + A^{Kitch} AddKitch_i + A^{Bed} AddBed_i \right).$$

- Costo por ampliaciones porcentuales:

$$CostoExt = \sum_i \sum_{c \in \mathcal{C}} \left(C_c^{10} \Delta_{i,c}^{10} z_{i,c}^{10} + C_c^{20} \Delta_{i,c}^{20} z_{i,c}^{20} + C_c^{30} \Delta_{i,c}^{30} z_{i,c}^{30} \right).$$

- PoolQC: La calidad de la piscina puede aumentar si es Typical/Average o peor (TA/Fa/Po).

- Conjunto de categorías:

$$\mathcal{P} = \{Ex, Gd, TA, Fa, Po, NA\}.$$

- Parámetro de costo por categoría ($C_{NA} = 0$):

$$C_p \quad \forall p \in \mathcal{P}.$$

- Categoría base por ítem:

$$p_i^{base} \in \mathcal{P} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Subconjunto “Average/Typical o peor”:

$$\mathcal{P}^{\leq Av} = \{TA, Fa, Po\}.$$

- Variables binarias de estado de calidad:

$$PoolQC_{i,p} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall p \in \mathcal{P}, \quad \sum_{p \in \mathcal{P}} PoolQC_{i,p} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Variable de activación de mejora:

$$UpgPool_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Restricciones de activación:

$$UpgPool_i \geq PoolQC_{i,p} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall p \in \mathcal{P}^{\leq Av},$$

$$UpgPool_i \leq \sum_{p \in \mathcal{P}^{\leq Av}} PoolQC_{i,p} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Conjunto permitido:

$$\mathcal{P}_{i,\text{allow}} = \begin{cases} \{\text{NA}\} & \text{si } p_i^{\text{base}} = \text{NA}, \\ \{p_i^{\text{base}}\} & \text{si } p_i^{\text{base}} \neq \text{NA} \text{ y } UpgPool_i = 0, \\ \{p \in \mathcal{P} \setminus \{\text{NA}\} : C_p \geq C_{p_i^{\text{base}}}\} & \text{si } p_i^{\text{base}} \neq \text{NA} \text{ y } UpgPool_i = 1. \end{cases}$$

- Prefiltrado y selección única:

$$PoolQC_{i,p} = 0 \quad \forall p \notin \mathcal{P}_{i,\text{allow}}, \quad \sum_{p \in \mathcal{P}_{i,\text{allow}}} PoolQC_{i,p} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$\text{CostoPool}^A = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{p \in \mathcal{P}_{i,\text{allow}} \\ p \neq p_i^{\text{base}}}} C_p PoolQC_{i,p}.$$

- GarageFinish: Si el acabado del garaje es RFn: Rough Finished o Unf: Unfinished, se puede subir Fin: Finished.

- Conjunto de categorías:

$$\mathcal{G}a = \{\text{Fin}, \text{RFn}, \text{Unf}, \text{NA}\}.$$

- Subconjunto “RFn o peor”:

$$\mathcal{G}a^{\leq \text{RFn}} = \{\text{RFn}, \text{Unf}\}.$$

- Costo por categoría ($C_{\text{NA}}^{\mathcal{G}a} = 0$):

$$C_{ga}^{\mathcal{G}a} \quad \forall ga \in \mathcal{G}a.$$

- Categoría base (one-hot desde datos):

$$BaseGa_{i,ga} \in \{0,1\}, \quad \sum_{ga \in \mathcal{G}a} BaseGa_{i,ga} = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

$$gar_{i,ga} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, \quad \forall ga \in \mathcal{G}a, \quad \sum_{ga \in \mathcal{G}a} gar_{i,ga} = 1.$$

- Variable de activación:

$$UpgGa_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Restricciones de activación:

$$UpgGa_i \geq BaseGa_{i,\text{RFn}}, \quad UpgGa_i \geq BaseGa_{i,\text{Unf}},$$

$$UpgGa_i \leq BaseGa_{i,RFn} + BaseGa_{i,Unf} \quad \forall i \in \mathcal{I}.$$

- Permitidos (implementados con fijaciones/filtrado):

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Si } BaseGa_{i,NA} = 1 : & gar_{i,NA} = 1, \quad gar_{i,ga} = 0 \quad \forall ga \neq NA. \\ \text{Si } BaseGa_{i,Fin} = 1 : & gar_{i,Fin} = 1, \quad gar_{i,ga} = 0 \quad \forall ga \neq Fin. \\ \text{Si } BaseGa_{i,RFn} = 1 \text{ o } BaseGa_{i,Unf} = 1 : & \begin{aligned} &gar_{i,Fin} \leq UpgGa_i, \\ &\sum_{ga \in \mathcal{G}_a \leq RFn} gar_{i,ga} \leq 1 - UpgGa_i, \\ &\sum_{ga \in \mathcal{G}_a} gar_{i,ga} = 1. \end{aligned} \end{array} \right.$$

-Si se realiza el cambio se incurre en un costo, en la FO agregar:

$$CostoGa^A = \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{\substack{ga \in \mathcal{G}_a \\ ga \neq ga_0}} C_{ga}^{Ga} gar_{i,ga}, \quad \text{donde } ga_0 \text{ satisface } BaseGa_{i,ga_0} = 1.$$

Supuestos: Todo lo que se construya será de calidad excelente. No existirán áreas sin terminar dentro de la casa

7 Función objetivo

$$Max(Valorfinal - I)$$

I: Inversión/Presupuesto que incluye todos los costos de construcción.

8 Restricciones de Construcción

8.1 Restricciones de Área y Dimensiones

8.1.1 Límites por Vecindario y Terreno

$$TotalArea_i \leq \overline{A}_{Neighborhood_i}^{Total} \quad \forall i \in \mathcal{I} \quad (2)$$

$$1stFlrSF + TotalPorchSF + PoolArea \leq LotArea \quad (3)$$

$$2ndFlrSF \leq 1stFlrSF \quad (4)$$

8.1.2 Consistencias de Área

$$TotalBsmtSF = BsmtFinSF1 + BsmtFinSF2 + BsmtUnfSF \quad (5)$$

$$GrLivArea = 1stFlrSF + 2ndFlrSF + LowQualFinSF \quad (6)$$

$$TotalArea = 1stFlrSF + 2ndFlrSF + TotalBsmtSF \quad (7)$$

8.1.3 Piscina Condicionada a Espacio

Variables:

- $HasPool_i \in \{0, 1\}$: 1 si se instala piscina

$$AreaPool_i \leq (LotArea_i - GrLivArea_i - GarageArea_i - WoodDeckSF_i - OpenPorchSF_i) \cdot HasPool_i \quad (8)$$

8.2 Restricciones de Ambientes

8.2.1 Variables de Área por Ambiente

Variables:

- $AreaKitchen_i \in \mathbb{R}^+$: Área total de cocina(s) (ft²)
- $AreaFullBath_i \in \mathbb{R}^+$: Área total de baños completos (ft²)
- $AreaHalfBath_i \in \mathbb{R}^+$: Área total de medios baños (ft²)
- $AreaBedroom_i \in \mathbb{R}^+$: Área total de dormitorios (ft²)
- $AreaPool_i \in \mathbb{R}^+$: Área total de piscina (ft²)

8.2.2 Áreas Mínimas por Ambiente

Incluir estas variables de decisión en variables construcción:

$$AreaKitchen_i \geq 75 \quad (9)$$

$$AreaFullBath_i \geq 40 \quad (10)$$

$$AreaHalfbath_i \geq 20 \quad (11)$$

$$AreaBedroom_i \geq 70 \quad (12)$$

$$AreaPool_i \geq 161 \quad (13)$$

$$(14)$$

8.2.3 Máximo de Ambientes Repetidos

$$Kitchen_i \leq 3 \quad (15)$$

$$Bedroom_i \leq 6 \quad (16)$$

$$FullBath_i \leq 4 \quad (17)$$

8.2.4 Relación Baños/Pisos

Variables: Agregar a Variables construcción.

- $Floor1_i \in \{0, 1\}$: 1 si tiene un piso
- $Floor2_i \in \{0, 1\}$: 1 si tiene dos pisos

$$FullBath_i + HalfBath_i \geq Floor1_i + 2 \cdot Floor2_i \quad (18)$$

$$HalfBath_i \leq FullBath_i \quad (19)$$

$$FullBath_i \geq \frac{2}{3} \cdot Bedroom_i \quad (20)$$

8.2.5 Funcionalidad Mínima

$$Kitchen_i \geq 1 \quad (21)$$

$$Bedroom_i \geq 1 \quad (22)$$

$$FullBath_i \geq 1 \quad (23)$$

8.3 Restricciones del Sótano

Variables:

- $BsmtFinSF1_i \in \mathbb{Q}^+$, $BsmtFinSF2_i \in \mathbb{Q}^+$, $BsmtUnfSF_i \in \mathbb{Q}^+ \forall i$
- $TotalBsmtSF_i \in \mathbb{Q}^+ \forall i$
- $HasBsmtFin1_i \in \{0, 1\}$, $HasBsmtFin2_i \in \{0, 1\} \quad \forall i$

Restricciones:

$$BsmtFinSF1_i + BsmtFinSF2_i + BsmtUnfSF_i = TotalBsmtSF_i \quad (24)$$

$$BsmtFinSF1_i \leq TotalBsmtSF_i \cdot HasBsmtFin1_i \quad (25)$$

$$BsmtFinSF2_i \leq TotalBsmtSF_i \cdot HasBsmtFin2_i \quad (26)$$

$$BsmtFinSF1_i \geq 0, \quad BsmtFinSF2_i \geq 0 \quad (27)$$

8.4 Restricciones de Sistemas

8.4.1 Sistema de Calefacción

Variables:

- $Heating_{i,h} \in \{0, 1\}$ para $h \in \{Floor, GasA, GasW, Grav, OthW, Wall\}$

$$\sum_{h \in H_{heating}} Heating_{i,h} = 1 \quad \forall i \quad (28)$$

8.4.2 Sistema Eléctrico

Variables:

- $Electrical_{i,e} \in \{0, 1\}$ para $e \in \{SBrkr, FuseA, FuseF, FuseP, Mix\}$

$$\sum_{e \in E_{electrical}} Electrical_{i,e} = 1 \quad \forall i \quad (29)$$

8.4.3 Aire Acondicionado

Variables:

- $CentralAir_i \in \{0, 1\}$: 1 si tiene aire acondicionado central

8.5 Restricciones del Techo

8.5.1 Estilo de Techo

Variables:

- $RoofStyle_{i,s} \in \{0, 1\}$ para $s \in \{Flat, Gable, Gambrel, Hip, Mansard, Shed\}$

$$\sum_{s \in S} RoofStyle_{i,s} = 1 \quad \forall i \quad (30)$$

8.5.2 Material de Techo

Variables:

- $RoofMatl_{i,m} \in \{0, 1\}$ para $m \in \{ClyTile, CompShg, Membran, Metal, Roll, TarGrv, WdShake, WdShngl\}$

$$\sum_{m \in M} RoofMatl_{i,m} = 1 \quad \forall i \quad (31)$$

8.5.3 Compatibilidad Techo

Parámetros:

- $A_{s,m} \in \{0, 1\}$: Compatibilidad estilo-material

$$RoofStyle_s + RoofMatl_m \leq 1 + A_{s,m} \quad \forall s \in T_{roof_style}, \forall m \in T_{roof_matl} \quad (32)$$

8.6 Restricciones de Estilo de Vivienda

Variables:

- $HouseStyle1Story_i \in \{0, 1\}$
- $HouseStyle2Story_i \in \{0, 1\}$

$$HouseStyle1Story_i + HouseStyle2Story_i = 1 \quad (33)$$

$$FullBath_i + HalfBath_i \geq HouseStyle1Story_i + 2 \cdot HouseStyle2Story_i \quad (34)$$

8.7 Restricciones de Exterior

8.7.1 Revestimiento Exterior

Conjunto:

- $e_1 = \{AsbShng, AsphShn, \dots, WdShng\}$

Variables:

- $Exterior1st_{i,e_1} \in \{0, 1\}, \forall e_1 \in E_1$
- $Exterior2nd_{i,e_1} \in \{0, 1\}, \forall e_1 \in E_1$
- $UseExterior1st_i \in \{0, 1\}, UseExterior2nd_i \in \{0, 1\}, SameMaterial_i \in \{0, 1\}$

Restricciones:

$$\sum_{e_1 \in E_1} Exterior1st_{i,e_1} = UseExterior1st_i \quad (35)$$

$$\sum_{e_1 \in E_1} Exterior2nd_{i,e_1} = UseExterior2nd_i \quad (36)$$

$$UseExterior1st_i = 1 \quad (37)$$

$$SameMaterial_i \geq Exterior1st_{i,e_1} + Exterior2nd_{i,e_2} - 1 \quad \forall e_1 \in E_1 \quad (38)$$

$$UseExterior2nd_i \leq 1 - SameMaterial_i \quad (39)$$

8.7.2 Revestimiento de Mampostería

Variables:

- $MasVnrType_{i,t} \in \{0, 1\}$ para $t \in \{BrkCmn, BrkFace, CBlock, None, Stone\}$
- $MasVnrArea_i \in \mathbb{R}^+, HasMasVnr_{i,t} \in \{0, 1\}$

$$\sum_{t \in T} MasVnrType_{i,t} = 1 \quad (40)$$

$$HasMasVnr_{i,t} = 1 - MasVnrType_{i,t} \quad (41)$$

$$MasVnrArea_{i,t} \leq TotalArea_i \cdot HasMasVnr_{i,t} \quad (42)$$

$$MasVnrArea_{i,t} \geq 0 \quad (43)$$

8.8 Restricciones Adicionales

8.8.1 Acceso Pavimentado

Variables:

- $PavedDrive_{i,p} \in \{0, 1\}$, $PavedDrive_{N_i} \in \{0, 1\}$

$$\sum_p PavedDrive_{i,p} + PavedDrive_{N_i} = 1 \quad \forall i \quad (44)$$

8.8.2 Servicios Públicos

Variables:

- $Utilities_{i,u} \in \{0, 1\}$ para $u \in \{\text{AllPub}, \text{NoSewr}, \text{NoSeWa}, \text{ELO}\}$

$$\sum_{u \in U} Utilities_{i,u} = 1 \quad \forall i \quad (45)$$

8.8.3 Cerca/Reja

Variables: Hacer Variable: $PReja_i = LotFrontage_i$

- $Reja_i \in \{0, 1\}$: 1 si se instala reja

8.9 Restricción de Presupuesto

$$\text{Cost}^{build} + \text{Cost}^{techo} + \text{Cost}^{pool} + \text{Cost}^{paved} + \text{Cost}^{reja} + \text{Cost}^{heating} \quad (46)$$

$$+ \text{Cost}^{centralair} + \text{Cost}^{electrical} + \text{Cost}^{bedrooms} + \text{Cost}^{baths} \leq \text{Presupuesto} \quad (47)$$

Variable Binaria: $Garage_i$

8.10 Restricciones del Garaje

8.10.1 Capacidad Mínima

Variables:

- $HasGarage_i \in \{0, 1\}$: 1 si la vivienda tiene garaje

$$GarageCars_i \geq HasGarage_i \quad (48)$$

8.10.2 Consistencia Área-Capacidad

$$GarageArea_i \geq 150 \cdot GarageCars_i \quad (49)$$

$$GarageArea_i \leq 250 \cdot GarageCars_i \quad (50)$$

8.10.3 Garaje Terminado

$$GarageFinish_i = \text{Fin} \quad \text{si } HasGarage = 1 \quad (51)$$

8.10.4 Exclusividad de Tipo de Garaje

Variables:

- $GarageType_{2Types} \in \{0, 1\}$: 1 si tiene múltiples tipos
- $GarageType_{Attchd} \in \{0, 1\}$: 1 si está adjunto a la casa
- $GarageType_{Basement} \in \{0, 1\}$: 1 si está en sótano
- $GarageType_{BuiltIn} \in \{0, 1\}$: 1 si está integrado
- $GarageType_{CarPort} \in \{0, 1\}$: 1 si es cochera
- $GarageType_{Detchd} \in \{0, 1\}$: 1 si está separado
- $GarageType_{NA} \in \{0, 1\}$: 1 si no tiene garaje
- $GarageType_{i,g} \in 0, 1$ para $g \in G$

8.11 Restricciones de Tipo de Vivienda

8.11.1 Exclusividad del Tipo de Vivienda

Variables:

- $BldgType_1 \in \{0, 1\}$: 1 si es vivienda unifamiliar
- $BldgType_{2FmCon} \in \{0, 1\}$: 1 si es conversión de dos familias
- $BldgType_{Duplx} \in \{0, 1\}$: 1 si es dúplex
- $BldgType_{TwnhsE} \in \{0, 1\}$: 1 si es townhouse extremo
- $BldgType_{TwnhsI} \in \{0, 1\}$: 1 si es townhouse interior

Restricción: Selección Única de Tipo

$$BldgType_{1Fam} + BldgType_{2FmCon} + BldgType_{Duplx} + BldgType_{TwnhsE} + BldgType_{TwnhsI} = 1 \quad (52)$$

Restricción: Selección Única de Tipo

$$\sum_{t \in T_{garage}} GarageType_t = 1 \quad (53)$$

Donde:

- $T_{garage} = \{2Types, Attchd, Basement, BuiltIn, CarPort, Detchd, NA\}$

Restricción: Consistencia con Existencia de Garaje

$$HasGarage = 1 - GarageType_{NA} \quad (54)$$

8.12 Restricciones de Cimentación

8.12.1 Exclusividad del Tipo de Cimentación

Variables:

- $Foundation_{BrkTil} \in \{0, 1\}$: 1 si cimentación es Brick & Tile
- $Foundation_{CBlock} \in \{0, 1\}$: 1 si cimentación es Cinder Block
- $Foundation_{PConc} \in \{0, 1\}$: 1 si cimentación es Poured Concrete
- $Foundation_{Slab} \in \{0, 1\}$: 1 si cimentación es Slab
- $Foundation_{Stone} \in \{0, 1\}$: 1 si cimentación es Stone
- $Foundation_{Wood} \in \{0, 1\}$: 1 si cimentación es Wood

Restricción: Selección Única de Cimentación

$$\sum_{f \in T_{foundation}} Foundation_f = 1 \quad (55)$$

Donde:

- $T_{foundation} = \{BrkTil, CBlock, PConc, Slab, Stone, Wood\}$

8.13 Restricciones de Exposición del Sótano

8.13.1 Exclusividad del Nivel de Exposición

Variables:

- $BsmtExposure_{Gd} \in \{0, 1\}$: 1 si exposición buena
- $BsmtExposure_{Av} \in \{0, 1\}$: 1 si exposición promedio
- $BsmtExposure_{Mn} \in \{0, 1\}$: 1 si exposición mínima
- $BsmtExposure_{No} \in \{0, 1\}$: 1 si no hay exposición
- $BsmtExposure_{NA} \in \{0, 1\}$: 1 si no hay sótano

Restricción: Selección Única de Exposición

$$BsmtExposure_{Gd} + BsmtExposure_{Av} + BsmtExposure_{Mn} + BsmtExposure_{No} + BsmtExposure_{NA} = 1 \quad (56)$$

8.13.2 Dependencia con Existencia del Sótano

Variables:

- $HasBasement_i \in \{0, 1\}$: 1 si la vivienda tiene sótano

$$BsmtExposure_{NAi} = 1 - HasBasement_i \quad (57)$$

$$BsmtExposure_{Gd} + BsmtExposure_{Av} + BsmtExposure_{Mn} + BsmtExposure_{No} = HasBasement_i \quad (58)$$

8.14 Restricciones de Área Habitable

8.14.1 Consistencia con Áreas de Pisos

$$GrLivArea_i = 1stFlrSF_i + 2ndFlrSF_i \quad (59)$$

8.15 Restricciones de Baños en Sótano

8.15.1 Dependencia con Existencia del Sótano

Variables:

- $HasBasement_i \in \{0, 1\}$: 1 si la vivienda tiene sótano

$$BsmtFullBath_i \leq TotalBsmtSF_i \cdot HasBasement_i \quad (60)$$

$$BsmtHalfBath_i \leq TotalBsmtSF_i \cdot HasBasement_i \quad (61)$$

$$BsmtFullBath_i \geq 0, \quad BsmtHalfBath_i \geq 0 \quad (62)$$

8.16 Restricciones de Habitaciones

8.16.1 Mínimo de Habitaciones

$$TotRmsAbvGrd_i \geq 1 \quad \forall i \quad (63)$$

8.17 Restricciones de Chimeneas

8.17.1 Máximo de Chimeneas por Área Habitable

$$Fireplaces_i \leq \left\lceil \frac{1stFlrSF_i + 2ndFlrSF_i}{900} \right\rceil \quad (64)$$

8.18 Límites de Variables Numéricas

8.18.1 Límites de Ambientes

$$HalfBath_i \geq 0, \quad HalfBath_i \leq 3 \quad (65)$$

$$TotRmsAbvGrd_i \geq 3, \quad TotRmsAbvGrd_i \leq 12 \quad (66)$$

$$BsmtFullBath_i \geq 0, \quad BsmtFullBath_i \leq 2 \quad (67)$$

$$BsmtHalfBath_i \geq 0, \quad BsmtHalfBath_i \leq 1 \quad (68)$$

8.18.2 Límites de Áreas de Construcción

$$1stFlrSF_i \geq 500, \quad 1stFlrSF_i \leq 0.6 \cdot LotArea_i \quad (69)$$

$$2ndFlrSF_i \geq 0, \quad 2ndFlrSF_i \leq 0.5 \cdot LotArea_i \quad (70)$$

$$TotalBsmtSF_i \geq 0, \quad TotalBsmtSF_i \leq 0.5 \cdot LotArea_i \quad (71)$$

$$GrLivArea_i \geq 800, \quad GrLivArea_i \leq 0.8 \cdot LotArea_i \quad (72)$$

$$GarageArea_i \geq 0, \quad GarageArea_i \leq 0.2 \cdot LotArea_i \quad (73)$$

$$GarageCars_i \geq 0, \quad GarageCars_i \leq 4 \quad (74)$$

8.18.3 Límites de Áreas Exteriores

$$PoolArea_i \geq 0, \quad PoolArea_i \leq 0.1 \cdot LotArea_i \quad (75)$$

$$WoodDeckSF_i \geq 0, \quad WoodDeckSF_i \leq 0.15 \cdot LotArea_i \quad (76)$$

$$OpenPorchSF_i \geq 0, \quad OpenPorchSF_i \leq 0.1 \cdot LotArea_i \quad (77)$$

$$EnclosedPorch_i \geq 0, \quad EnclosedPorch_i \leq 0.1 \cdot LotArea_i \quad (78)$$

$$ScreenPorch_i \geq 0, \quad ScreenPorch_i \leq 0.05 \cdot LotArea_i \quad (79)$$

8.19 Restricciones de Deck de Madera

8.19.1 Área Mínima Funcional

Variables:

- $HasWoodDeck_i \in \{0, 1\}$: 1 si se construye deck de madera

$$WoodDeckSF_i \geq 40 \cdot HasWoodDeck_i \quad (80)$$

$$WoodDeckSF_i \leq 0.15 \cdot LotArea_i \cdot HasWoodDeck_i \quad (81)$$

9 Parámetros

Modelo de construcción:

- **$MSZoning_i$** : Identifica la clasificación general de zonificación de la venta. venta.
- **$LotFrontage_i$** : Pies lineales de calle conectados a la propiedad.
- **$LotArea_i$** : Tamaño del lote en pies cuadrados.
- **$Street_i$** : Tipo de acceso desde la calle a la propiedad.
- **$Alley_i$** : Tipo de acceso desde callejón a la propiedad.
- **$LotShape_i$** : Forma general de la propiedad.

- ***LandContour_i***: Nivelación del terreno.
- ***LotConfig_i***: Configuración del lote.
- ***LandSlope_i***: Pendiente de la propiedad.
- ***Neighborhood_i***: Ubicaciones físicas dentro de los límites de la ciudad de Ames.
- ***Condition1***: Proximidad a diversas condiciones.
- ***Condition2_i***: Proximidad a varias condiciones (si hay más de una presente).
- ***OverallQual_i***: Califica el material general y el acabado de la casa.
- ***OverallCond_i***: Califica el estado general de la casa.
- ***YearBuilt_i***: Fecha de construcción original.
- ***YearRemodAdd_i***: Fecha de remodelación (igual que la fecha de construcción si no hay remodelaciones ni adiciones).
- ***ExterQual_i***: Evalúa la calidad del material en el exterior.
- ***ExterCond_i***: Evalúa el estado actual del material en el exterior.
- ***BsmtQual_i***: Evalúa la altura del sótano.
- ***BsmtCond_i***: Evalúa el estado general del sótano.
- ***HeatingQC_i***: Calidad y estado de la calefacción.
- ***Functional_i***: Funcionalidad del hogar (Asuma típica a menos que se justifiquen deducciones).
- ***FireplaceQu_i***: Calidad de la chimenea.
- ***KitchenQual_i***: Calidad de la cocina.
- ***GarageYrBlt_i***: Año de construcción del garaje.
- ***GarageQual_i***: Calidad del garaje.
- ***GarageCond_i***: Estado del garaje.
- ***PoolQC_i***: Calidad de la piscina.
- ***Fence_i***: Calidad de la cerca.
- ***MiscVal_i***: Valor de la característica miscelánea.
- ***MoSold_i***: Mes vendido (MM).
- ***YrSold_i***: Año de venta (AAAA).

Modelo de remodelacion: Para este caso, se iniciara todo como parámetro, ya que a partir de la información de la vivienda que se quiere remodelar se harán los respectivos cambios. Es decir, depende de la casa base que se quiere remodelar.

- ***MSSubClass_i***: Identifica el tipo de vivienda involucrada en la venta.
- ***MSZoning_i***: Identifica la clasificación general de zonificación de la venta. venta.
- ***LotFrontage_i***: Pies lineales de calle conectados a la propiedad.
- ***LotArea_i***: Tamaño del lote en pies cuadrados.
- ***Street_i***: Tipo de acceso desde la calle a la propiedad.
- ***Alley_i***: Tipo de acceso desde callejón a la propiedad.
- ***LotShape_i***: Forma general de la propiedad.
- ***LandContour_i***: Nivelación del terreno.
- ***Utilities_i***: Tipo de servicios públicos disponibles.
- ***LotConfig_i***: Configuración del lote.
- ***LandSlope_i***: Pendiente de la propiedad.
- ***Neighborhood_i***: Ubicaciones físicas dentro de los límites de la ciudad de Ames.
- ***Condition1_i***: Proximidad a diversas condiciones.
- ***Condition2_i***: Proximidad a varias condiciones (si hay más de una presente).
- ***BldgType_i***: Tipo de vivienda.
- ***HouseStyle_i***: Estilo de vivienda.
- ***OverallQual_i***: Califica el material general y el acabado de la casa.
- ***OverallCond_i***: Califica el estado general de la casa.
- ***YearBuilt_i***: Fecha de construcción original.
- ***YearRemodAdd_i***: Fecha de remodelación (igual que la fecha de construcción si no hay remodelaciones ni adiciones).
- ***RoofStyle_i***: Tipo de techo.
- ***RoofMatl_i***: Material del techo.
- ***Exterior1st_i***: Revestimiento exterior de la casa.

- ***Exterior2nd_i***: Revestimiento exterior de la casa (si hay más de un material).
- ***MasVnrType_i***: Tipo de revestimiento de mampostería.
- ***MasVnrArea_i***: área de revestimiento de mampostería en pies cuadrados.
- ***ExterQual_i***: Evalúa la calidad del material en el exterior.
- ***ExterCond_i***: Evalúa el estado actual del material en el exterior.
- ***Foundation_i***: Tipo de cimentación.
- ***BsmtQual_i***: Evalúa la altura del sótano.
- ***BsmtCond_i***: Evalúa el estado general del sótano.
- ***BsmtExposure_i***: Se refiere a muros a nivel de jardín o de acceso.
- ***BsmtFinType1_i***: Clasificación del área terminada del sótano.
- ***BsmtFinSF1_i***: Pies cuadrados terminados tipo 1.
- ***BsmtFinType2_i***: Clasificación del área terminada del sótano (si hay varios tipos).
- ***BsmtFinSF2_i***: Pies cuadrados terminados tipo 2.
- ***BsmtUnfSF_i***: Metros cuadrados sin terminar del área del sótano.
- ***TotalBsmtSF_i***: Total de pies cuadrados del área del sótano.
- ***Heating_i***: Tipo de calefacción.
- ***HeatingQC_i***: Calidad y estado de la calefacción.
- ***CentralAir_i***: Aire acondicionado centralizado.
- ***Electrical_i***: Sistema eléctrico.
- ***1stFlrSF_i***: Pies cuadrados del primer piso.
- ***2ndFlrSF_i***: Pies cuadrados del segundo piso.
- ***LowQualFinSF_i***: Pies cuadrados terminados de baja calidad (todos los pisos).
- ***GrLivArea_i***: Superficie habitable sobre el nivel del suelo (pies cuadrados).
- ***BsmtFullBath_i***: Baños completos en sótano.
- ***BsmtHalfBath_i***: Medios baños en sótano.

- ***FullBath_i***: Baños completos sobre el nivel del suelo.
- ***HalfBath_i***: Medios baños sobre el nivel del suelo.
- ***Bedroom_i***: Dormitorios sobre el nivel del suelo (no incluye dormitorios en el sótano).
- ***Kitchen_i***: Cocinas sobre el nivel del suelo.
- ***KitchenQual_i***: Calidad de la cocina.
- ***TotRmsAbvGrd_i***: Total de habitaciones sobre el nivel del suelo (no incluye baños).
- ***Functional_i***: Funcionalidad del hogar (Asuma típica a menos que se justifiquen deducciones).
- ***Fireplaces_i***: Número de chimeneas.
- ***FireplaceQu_i***: Calidad de la chimenea.
- ***GarageType_i***: Ubicación del garaje.
- ***GarageYrBlt_i***: Año de construcción del garaje.
- ***GarageFinish_i***: Acabado interior del garaje.
- ***GarageCars_i***: Tamaño del garaje en capacidad de coches.
- ***GarageArea_i***: Tamaño del garaje en pies cuadrados.
- ***GarageQual_i***: Calidad del garaje.
- ***GarageCond_i***: Estado del garaje.
- ***PavedDrive_i***: Camino de entrada pavimentado.
- ***WoodDeckSF_i***: Área de cubierta de madera en pies cuadrados.
- ***OpenPorchSF_i***: Área de porche abierto en pies cuadrados.
- ***EnclosedPorch_i***: Área de porche cerrado en pies cuadrados.
- ***3SsnPorch_i***: Área de porche de tres estaciones en pies cuadrado.
- ***ScreenPorch_i***: Área del porche con mosquitero en pies cuadrados.
- ***PoolArea_i***: Área de la piscina en pies cuadrados.
- ***PoolQC_i***: Calidad de la piscina.
- ***Fence_i***: Calidad de la cerca.
- ***MiscFeature_i***: Características diversas no cubiertas en otras categorías.

- *MiscVal_i*: Valor de la característica miscelánea.
- *MoSold_i*: Mes vendido (MM).
- *YrSold_i*: Año de venta (AAAA).
- *SaleType_i*: Tipo de venta.
- *SaleCondition_i*: Condición de venta.

9.0.1 Exclusividad de Tipo de Garaje

Variables:

- $GarageType_{2Types} \in \{0, 1\}$: 1 si tiene múltiples tipos
- $GarageType_{Attchd} \in \{0, 1\}$: 1 si está adjunto a la casa
- $GarageType_{Basment} \in \{0, 1\}$: 1 si está en sótano
- $GarageType_{BuiltIn} \in \{0, 1\}$: 1 si está integrado
- $GarageType_{CarPort} \in \{0, 1\}$: 1 si es cochera
- $GarageType_{Detchd} \in \{0, 1\}$: 1 si está separado
- $GarageType_{NA} \in \{0, 1\}$: 1 si no tiene garaje

Restricción: Selección Única de Tipo

$$\sum_{g \in G} GarageType_{i,g} = 1 \quad \forall i \quad (82)$$

Donde:

- $G = \{2Types, Attchd, Basment, BuiltIn, CarPort, Detchd, NA\}$

Restricción: Consistencia con Existencia de Garaje

$$HasGarage_i = 1 - GarageType_{NA} \quad (83)$$

10 Naturaleza de las variables

Modelo de construcción:

A continuación se detallan las variables que se utilizan para el modelo de construcción de una vivienda $i \in \{1, \dots, I\}$ desde cero. Para mayor entendimiento de los subíndices de las variables pueden revisarlo en el archivo data_description.txt.

Variable	Descripción
----------	-------------

$MSSubClass_{i,s}$ $\in \{0, 1\}$ $s \in \{20, 30, 40, 45, 50, 60, 70, 75, 80, 85, 90, 120, 150, 160, 180, 190\}$	Identifica el tipo de vivienda involucrada en la venta.
$Utilities_{i,u}$ $\in \{0, 1\}$ $u \in \{AllPub, NoSewr, NoSeWa, ELO\}$	Tipo de servicios públicos disponibles
$BldgType_{i,b}$ $\in \{0, 1\}$ $b \in \{1Fam, 2FmCon, Duplx, TwnhsE, TwnhsI\}$	Tipo de vivienda.
$HouseStyle_{i,hs}$ $\in \{0, 1\}$ $hs \in \{1Story, 1.5Fin, 1.5Unf, 2Story, 2.5Fin, 2.5Unf, SFoyer, SLvl\}$	Estilo de vivienda.
$RoofStyle_{i,r}$ $\in \{0, 1\}$ $r \in \{Flat, Gable, Gambrel, Hip, Mansard, Shed\}$	Tipo de techo
$RoofMatl_{i,m}$ $\in \{0, 1\}$ $m \in \{ClyTile, CompShg, Membran, Metal, Roll, TarGrv, WdShake, WdShngl\}$	Material del techo
$Exterior1st_{i,e_1}$ $\in \{0, 1\}$ $e_1 \in \{AsbShng, AsphShn, BrkComm, BrkFace, CBlock, CemntBd, HdBoard, ImStucc, MetalSd, Other, Plywood, PreCast, Stone, Stucco, VinylSd, WdSdng, WdShng\}$	Revestimiento exterior de la casa
$Exterior2nd_{i,e_2}$ $\in \{0, 1\}$ $e_2 \in \{AsbShng, AsphShn, BrkComm, BrkFace, CBlock, CemntBd, HdBoard, ImStucc, MetalSd, Other, Plywood, PreCast, Stone, Stucco, VinylSd, WdSdng, WdShng\}$	Revestimiento exterior de la casa (si hay más de un material).
$MasVnrType_{i,t}$ $\in \{0, 1\}$ $t \in \{BrkCmn, BrkFace, CBlock, None, Stone\}$	Tipo de revestimiento de mampostería
$MasVnrArea_i$ ≥ 0 , $MasVnrArea_i \in \mathbb{Z}$	Área de revestimiento de mampostería en pies cuadrados.
$Foundation_{i,f}$ $\in \{0, 1\}$ $f \in \{BrkTil, CBlock, PConc, Slab, Stone, Wood\}$	Tipo de cimentación.
$BsmtExpoure_{i,x}$ $\in \{0, 1\}$ $x \in \{Gd, Av, Mn, No, NA\}$	Se refiere a muros a nivel de jardín o de acceso.
$BsmtFinType1_{i,b1}$ $\in \{0, 1\}$ $b1 \in \{GLQ, ALQ, BLQ, Rec, LwQ, Unf, NA\}$	Clasificación del área terminada del sótano.
$BsmtFinSF1_{i,sf1}$ ≥ 0 , $BsmtFinSF1_{i,sf1}$ $\in \mathbb{Z}$	Pies cuadrados terminados tipo 1.
$BsmtFinType2_{i,b2}$ $b2 \in \{GLQ, ALQ, BLQ, Rec, LwQ, Unf, NA\}$	Clasificación del área terminada del sótano (si hay varios tipos).
$BsmtFinSF2_i$ ≥ 0 , $BsmtFinSF2_i$ $\in \mathbb{Z}$	Pies cuadrados terminados tipo 2.
$BsmtUnfSF_i$ ≥ 0 , $BsmtUnfSF_i$ $\in \mathbb{Z}$	Metros cuadrados sin terminar del área del sótano.

$TotalBsmstSF_i \geq 0, TotalBsmstSF_i \in \mathbb{Z}$	Total de pies cuadrados del área del sótano.
$Heating_{i,h} \in \{0,1\}$ $h \in \{Floor, GasA, GasW, Grav, OthW, Wall\}$	Tipo de calefacción.
$CentralAir_{i,a} \in \{0,1\}$ $a \in \{Yes, No\}$	Aire acondicionado centralizado.
$Electrical_{i,e} \in \{0,1\}$ $e \in \{SBrkr, FuseA, FuseF, FuseP, Mix\}$	Sistema eléctrico.
$1stFlrSF_i \geq 0, 1stFlrSF_i \in \mathbb{Z}$	Pies cuadrados del primer piso.
$2ndFlrSF_i \geq 0, 2ndFlrSF_i \in \mathbb{Z}$	Pies cuadrados del segundo piso.
$LowQualFinSF_i \geq 0, LowQualFinSF_i \in \mathbb{Z}$	Pies cuadrados terminados de baja calidad (todos los pisos).
$GrLivArea_i \geq 0, GrLivArea_i \in \mathbb{Z}$	Superficie habitable sobre el nivel del suelo (pies cuadrados).
$BsmstFullBath_i \geq 0, BsmstFullBath_i \in \mathbb{Z}$	Baños completos en sótano.
$BsmstHalfBath_i \geq 0, BsmstHalfBath_i \in \mathbb{Z}$	Medios baños del sótano.
$FullBath_i \geq 0, FullBath_i \in \mathbb{Z}$	Baños completos sobre el nivel del suelo.
$HalfBath_i \geq 0, HalfBath_i \in \mathbb{Z}$	Medios baños sobre el nivel del suelo.
$Bedroom_i \geq 0, Bedroom_i \in \mathbb{Z}$	Dormitorios sobre el nivel del suelo (no incluye dormitorios en el sótano).
$Kitchen_i \geq 0, Kitchen_i \in \mathbb{Z}$	Cocinas sobre el nivel del suelo.
$TotRmsAbvGrd_i \geq 0, TotRmsAbvGrd_i \in \mathbb{Z}$	Total de habitaciones sobre el nivel del suelo (no incluye baños).
$Fireplaces_i \geq 0, Fireplaces_i \in \mathbb{Z}$	Número de chimeneas.
$GarageType_{i,g} \in \{0,1\}$ $g \in \{2Types, Attchd, Basement, BuiltIn, CarPort, Detchd, Noaplica\}$	Ubicación del garaje.
$GarageFinish_{i,gf} \in \{0,1\}$ $gf \in \{Fin, RFn, Unf, Noaplica\}$	Acabado interior del garaje.
$GarageCars_i \geq 0, GarageCars_i \in \mathbb{Z}$	Tamaño del garaje en capacidad de coches.
$GarageArea_i \geq 0, GarageArea_i \in \mathbb{Z}$	Tamaño del garaje en pies cuadrados.
$PavedDrive_{i,p} \in \{0,1\}$ $p \in \{Paved, PartialPavement, Dirt/Gravel\}$	Camino de entrada pavimentado.
$WoodDeckSF_i \geq 0, WoodDeckSF_i \in \mathbb{Z}$	Área de cubierta de madera en pies cuadrados.
$OpenPorchSF_i \geq 0, OpenPorchSF_i \in \mathbb{Z}$	Área de porche abierto en pies cuadrados.

$EnclosedPorch_i \geq 0, EnclosedPorch_i \in \mathbb{Z}$	Área de porche cerrado en pies cuadrados.
$3SsnPorch_i \geq 0, 3SsnPorch_i \in \mathbb{Z}$	Área de porche de tres estaciones en pies cuadrado.
$ScreenPorch_i \geq 0, ScreenPorch_i \in \mathbb{Z}$	Área del porche con mosquitero en pies cuadrados.
$PoolArea_i \geq 0, PoolArea_i \in \mathbb{Z}$	Área de la piscina en pies cuadrados
$MiscFeature_{i,misc} \in \{0, 1\}$ $misc \in \{Elev, Gar2, Othr, Shed, TenC, Noaplica\}$	Características diversas no cubiertas en otras categorías.
$SaleType_{i,st} \in \{0, 1\}$ $st \in \{WD, CWD, VWD, New, COD, Con, ConLw, ConLI, ConLD, Oth\}$	Tipo de venta.
$SaleCondition_{i,sc} \in \{0, 1\}$ $sc \in \{Normal, Abnorml, AdjLand, Alloca, Family, Partial\}$	Condición de venta.

11 Costos

Se presenta la siguiente tabla con los costos de los distintos tipos de estilos, materiales y otros adicionales de la vivienda. Los valores obtenidos son en base a un promedio en Estados Unidos.

Costo	Descripción
Construcción $C_{construcción} = \$230$	"El costo promedio de construir una casa es de \$180 a \$280 por pie cuadrado para una casa básica de construcción con acabados estándar" (Cramer, 2025).
Ampliación $C_{ampliación} = \$106,49$	"Costo de construir una ampliación de vivienda en Ames, Iowa \$106,49 por pie cuadrado para construcción de grado estándar (rango: \$82,28 - \$130,70)". (ProMatcher, 2021).
Demolición $C_{demolición} = \$1,65$	"Antes de comenzar la construcción de su nuevo dormitorio y baño, es necesario despejar completamente el espacio de elementos paisajísticos. El costo de demolición y preparación es de entre \$1.30 y \$2 por pie cuadrado". (Cellucci, 2025).

Utilities: C_u $C_{AllPub} = \$31,750$ $C_{NoSewr} = \$39,500$ $C_{NoSeWa} = \$22,000$ $C_{ELO} = \$20,000$	<p>Costos promedios de los servicios públicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electricity: \$10,000–\$30,000 • Gas: \$500–\$3,500 • Water (Septic Tank): \$5,000–\$30,000 • Water: \$1,000–\$6,000 • Sewer: \$1,500–\$11,000 <p>(Big How, 2025).</p>
--	--

<p>RoofMatl: C_m</p> <p>$C_{ClyTile} = \\$11,89$</p> <p>$C_{CompShg} = \\6</p> <p>$C_{Membran} = \\$6$</p> <p>$C_{Metal} = \\$8,99$</p> <p>$C_{Roll} = \\$3,75$</p> <p>$C_{Tar\&Grv} = \\$5,5$</p> <p>$C_{WdShake} = \\$11$</p> <p>$C_{WdShngl} = \\$6,35$</p>	<p>Costos de los materiales del techo por pie cuadrado</p> <ul style="list-style-type: none"> • ClyTile: "Los techos de tejas de arcilla cuestan entre \$9.72 y \$14.05 por pie cuadrado" (Was-son, 2025). • CompShg: "El costo promedio de un techo de tejas compuestas es de \$20,000 , con un rango de entre \$15,000 y \$25,000. Los techos compuestos cuestan un promedio de \$4 a \$8 por pie cuadrado. (Home Advisor, 2025). • Membran: "Costo promedio de un techo de membrana: \$4 a \$8 por pie cuadrado" (Wallender, 2025). • Metal: "Costo de instalación de techos de metal \$899,11 por 100 pies cuadrados (junta alzada, sin necesidad de quitar el techo existente) (Rango: \$778,88 - \$1.019,34)". (Pro Matcher, s.f.). • Roll: "El costo promedio de un techo enrollado es de \$2.00 a \$5.50 por pie cuadrado instalado, o de \$3,200 a \$12,000". (Carlson, 2023). • Tar&Grv: "Un techo de asfalto y grava cuesta entre \$3.50 y \$7.50 por pie cuadrado con instalación, o entre \$4,500 y \$12,600 en promedio". (Carlson, 2023). • WdShake: "Un techo de tejas de cedro cuesta en promedio entre \$7 y \$15 por pie cuadrado instalado" (Cramer, 2024). • WdShngl: "Costo de instalación de techos de tejas de madera \$635,13 por 100 pies cuadrados (calidad estándar, sin necesidad de retirar el existente)". (Pro Matcher, s.f.).
--	--

Exterior1st y Exterior2nd: C_{e_1}, C_{e_2}	Costos de los materiales del revestimiento exterior de la casa por pie cuadrado
$C_{AsbShng} = \$11,5$	
$C_{AsphShn} = \$1,5$	
$C_{BrkComm} = \$1,21$	
$C_{BrkFace} = \$15$	<ul style="list-style-type: none"> AsbShng: "El costo promedio de reemplazar el revestimiento de asbesto es de \$19,000 , y la mayoría de los propietarios gastan entre \$16,000 y \$22,000. Los precios pueden variar entre \$8 y \$15 por pie cuadrado". (Angi, 2025). Para este caso, fue difícil encontrar un costo de instalación de este tipo de material, ya que esta cada vez más restringido. "EPA ha anunciado una norma definitiva para prohibir el uso continuo del asbesto crisotilo, la única forma conocida de asbesto que se utiliza actualmente en Estados Unidos o se importa a este país" (W&L Team, 2024).
$C_{CBlock} = \$22,5$	
$C_{CemntBd} = \$12,5$	<ul style="list-style-type: none"> AsphShn: Al haber varios tipos de tejas de asfalto, nos quedaremos con la más común "las tejas dimensionales son las tejas de asfalto más comunes". (Certain-teed, s.f.). \$1.25 – \$1.75 por pie cuadrado.
$C_{HdBoard} = \$4,24$	
$C_{ImStucc} = \$8,5$	<ul style="list-style-type: none"> BrkComm: "La instalación completa de un revestimiento de ladrillo cuesta un promedio de \$13 por metro cuadrado , aunque los precios pueden variar entre \$4 y \$22 por metro cuadrado". (Lacomma, 2024).
$C_{MetalSd} = \$5,48$	
$C_{Other} = \$11,56$	<ul style="list-style-type: none"> BrkFace: "Revestimiento de ladrillo cara vista, cuesta entre \$12 y \$18 por pie cuadrado instalado". (Carlson, 2025)
$C_{Plywood} = \$2$	
$C_{PreCast} = \$37,5$	<ul style="list-style-type: none"> CBlock: "Construir un muro de bloques de hormigón cuesta entre \$60 y \$240 por pie lineal o entre \$15 y \$30 por pie cuadrado" (Noel, 2023).
$C_{Stone} = \$27,5$	
$C_{Stucco} = \$12$	<ul style="list-style-type: none"> CemntBd: "Instalar un revestimiento de fibrocemento nuevo cuesta entre \$7 y \$18 por pie cuadrado" (Simms, 2025).
$C_{VinylSd} = \$7,46$	
$C_{WdSdng} = \$3,64$	<ul style="list-style-type: none"> HdBoard: "Costo del revestimiento de tablas de madera \$2,55
$C_{WdShing} = \$12,5$	

ExterQual y ExterCond: C_{Exter} $C_{Exter,Ex} =$ $C_{Exter,Gd} =$ $C_{Exter,TA} =$ $C_{Exter,Fa} =$ $C_{Exter,Po} =$	<ul style="list-style-type: none"> • Ex: • Gd: • TA: • Fa: • Po:
MasVnrType: C_t $C_{BrkCmn} = \$1,21$ $C_{BrkFace} = \$15$ $C_{CBlock} = \$22,5$ $C_{None} = 0$ $C_{Stone} = \$27,5$	<p>Costos del tipo de revestimiento de mampostería en pies cuadrados</p> <ul style="list-style-type: none"> • BrkCmn: "La instalación completa de un revestimiento de ladrillo cuesta un promedio de \$13 por metro cuadrado , aunque los precios pueden variar entre \$4 y \$22 por metro cuadrado". (Lacoma, 2024). • BrkFace: "Revestimiento de ladrillo cara vista, cuesta entre \$12 y \$18 por pie cuadrado instalado". (Carlson, 2025) • CBlock: "Construir un muro de bloques de hormigón cuesta entre \$60 y \$240 por pie lineal o entre \$15 y \$30 por pie cuadrado" (Noel, 2023). • Stone: "Costo promedio por pie cuadrado de revestimiento de piedra \$10 – \$45". (Cramer, 2024). <p>Supuesto: Se usaran los mismos costos que en la casilla anterior debido a que son los mismos materiales en pies cuadrados solo que se utilizan para distintas partes de la casa, es decir, para el revestimiento de la casa en general y el revestimiento de la mampostería.</p>

Foundation $C_{BrkTil} =$ $C_{CBlock} = \$12$ $C_{PConc} = \$10$ $C_{Slab} = \$10$ $C_{Stone} = \$23,5$ $C_{Wood} = \$40$	Costo de cimentación por pie cuadrado <ul style="list-style-type: none"> • BrkTil: • CBlock: "Tipo de cimentación bloque (cemento o ceniza) promedio por pie cuadrado es de \$9-\$15" (HomeAdvisor, 2025). • PConc: "El costo de una cimentación de losa o monolítica varía entre \$6 y \$14 por pie cuadrado" (USA Estimators, s.f.). • Slab: "En Estados Unidos, los propietarios de viviendas pagan entre \$6 y \$14 por pie cuadrado por una losa de concreto" (Miller, s.f.). • Stone: "Los cimientos de piedra cuestan entre \$12 y \$35 por pie cuadrado" (Nuance Energy, s.f.). • Wood: "El costo promedio de una cimentación de madera es de alrededor de \$40,000 para una casa típica de 1,000 pies cuadrados" (Simms, 2023).
--	--

<p>Heating: C_h</p> <p>$C_{Floor} = \\$1,773$</p> <p>$C_{GasA} = \\$5,750$</p> <p>$C_{GasW} = \\$8,500$</p> <p>$C_{Grav} = \\$6,300$</p> <p>$C_{OthW} = \\$4,900$</p> <p>$C_{Wall} = \\$3,700$</p>	<p>Costos de calefacción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Floor: "Cuánto cuesta instalar un horno de gas para calefacción por suelo radiante? \$1,773 (horno de gas de piso de 35,000 BTU/h - actualización 1)". (HowMuch, s.f.). • GasA: "La mayoría de los propietarios de viviendas en EE. UU. gastan entre \$3,000 y \$8,500 en reemplazar un calefactor de aire forzado a gas sin conductos nuevos". (Langer, 2025). • GasW: "Reemplazar una caldera de gas cuesta entre \$4,000 y \$9,000. Una caldera de gas requiere una línea de gas para su hogar y acceso a tuberías y conductos de ventilación." (Tschudi, 2025). En promedio sería \$8,500 por una caldera de gas estándar. • Grav: "En promedio, reemplazar un horno de gravedad cuesta \$6,300." (Grant, 2025). • OthW: Mencionan que tiene que ser una calefacción distinta a gas, por lo tanto, decidimos que sería con electricidad que es el segundo con mayor porcentaje. (Statista, 2025). "Las calderas eléctricas son las más económicas de reemplazar que otros tipos, con precios desde \$1,800, pero algunos modelos pueden costar \$8,000 o más." (Tschudi, 2025). • Wall: "Total típico \$1,400–\$6,000 para una instalación sencilla de un horno de pared eléctrico o con ventilación directa". (Langer, 2025).
--	--

HeatingQC: C_{hqC} $C_{h,Ex} =$ $C_{h,Gd} =$ $C_{h,TA} =$ $C_{h,FA} =$ $C_{h,Po} =$	Costos de calidad de la calefacción <ul style="list-style-type: none"> • Ex: • Gd: • TA: • FA: • Po:
CentralAir $C_{CentralAir} = \$5,362$	Costo aire acondicionado "La mayoría de los propietarios pagaron un promedio de \$5,362." (Manta, 2025).
Electrical: C_e $C_{SBrkr} =$ $C_{FuseA} =$ $C_{FuseF} =$ $C_{FuseP} =$ $C_{Mix} =$	Costos de sistema electrico <ul style="list-style-type: none"> • SBrkr: • FuseA: • FuseF: • FuseP: • Mix:

MiscFeature $C_{Elev} = \$48,000$ $C_{Gar2} = \$32,100$ $C_{Shed} = \$5,631$ $C_{TenC} = \$15,774$	<p>Costos de características diversas no cubiertas en otras categorías</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevator: "Costo promedio nacional \$48,000." (Cramer, 2023). • 2nd Garage (if not described in garage section): "El promedio nacional para construir un garaje independiente es de entre \$19,200 y \$45,000, dependiendo del tipo de garaje, los materiales que prefiera, su lugar de residencia y si es necesario demoler un garaje anterior." (Home Go, 2022). • Shed (over 100 SF): "Para 100 pies cuadrados \$4,333 y para 240 pies cuadrados que es lo máximo que ofrece esta página \$6,929." (Shed Crafters, s.f). • Tennis court: "Estas canchas de tenis cuestan un promedio de \$15,774." (Moore, 2023).
PavedDrive : C_d $C_Y = \$8,5$ $C_P = \$5,25$ $C_N = \$2$	<p>Costo de entrada pavimentada</p> <ul style="list-style-type: none"> • Y: "Pavimentar su entrada para autos puede aumentar el valor de su casa (...) que oscila entre \$2 y \$15 por pie cuadrado" (Alexandre, 2025). • P: Se decidió sacar un promedio entre ambos extremos, ya que no se encontró un costo para una entrada parcialmente pavimentada. • N: "El costo promedio por pie cuadrado de una entrada de grava es de \$1 a \$3 por pie cuadrado" (Selzer, 2024).
Basement $C_{Bsmt} = \$15$	<p>"El costo por pie cuadrado para terminar un sótano varía entre \$7 y \$23." (Home Advisor, 2025).</p>

BasementCond: $C_{BstmCond}$ $C_{BstmCond,Ex} =$ $C_{BstmCond,Gd} =$ $C_{BstmCond,TA} =$ $C_{BstmCond,Fa} =$ $C_{BstmCond,Po} =$ $C_{BstmCond,Na} =$	<p>Costo de la calidad del sótano</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ex: • Gd: • TA: • Fa: • Po: "El acabado básico de un sótano comienza en \$75,000 a \$125,000" () <p>Encontrar estas características tan específicas es de gran complejidad así que lo haremos en base al acabado que tienen.</p>
BsmtFinType1 y BsmtFinType2: $C_{BstmType}$ $C_{BstmType,GLQ} =$ $C_{BstmType,ALQ} =$ $C_{BstmType,BLQ} =$ $C_{BstmType,Rec} =$ $C_{BstmType,LwQ} =$ $C_{BstmType,Unf} =$ $C_{BstmType,NA} = 0$	<p>Costos de calidad del sótano terminado</p> <ul style="list-style-type: none"> • GLQ: • ALQ: • BLQ: • Rec: • LwQ: • Unf:
Construcción costos Kitchen $C_{kitchen} = \$200$	<p>Costo promedio de construir una cocina en pies cuadrados</p> <p>"Instalar una cocina nueva cuesta entre \$5,000 y \$125,000 , con un costo promedio de \$65,000 . El costo por pie cuadrado varía entre \$100 y \$300" (HomeAdvisor, 2025).</p>

KitchenQual: C_k $C_{Ex,r} = \$180,000$ $C_{Gd,r} =$ $C_{TA,r} = \$42,500$ $C_{FA,r} =$ $C_{Po,r} = \$13,000$	<ul style="list-style-type: none"> • Ex: "Costo de remodelación de cocina de alta gama. Una remodelación importante de su cocina costará entre \$60,000 y \$300,000". (Billock, 2024). • Gd: Interpolada (Ex/Ta) por falta de información. • TA: "Costo de remodelación de cocina de gama media. Una remodelación moderada cuesta entre \$25,000 y \$60,000". (Billock, 2024). • FA: Interpolada (Ta/Po) por falta de información. • Po: "Costo de remodelación básica de la cocina. Una remodelación menor puede costar entre \$1,000 y \$25,000". (Billock, 2024).
Construcción HalfBath $C_{halfbath,c} = \$10,000$	"Su tamaño puede variar entre 15 y 25 pies cuadrados. Esto lo convierte en una opción económica y que ahorra espacio, con gastos que suelen oscilar entre \$5,000 y \$15,000". (Block renovation, 2025).
Construcción FullBath $C_{Fullbath,c} = \$25,000$	"Con una superficie típica de entre 40 y 60 pies cuadrados, es una adición versátil que puede servir como baño principal o como baño familiar compartido. El costo de añadir un baño completo suele oscilar entre \$15,000 y \$35,000". (Block renovation, 2025).

Remodelación Bath $C_{Bath,r} = \$650$	<ul style="list-style-type: none"> • "Conversión básica/de gama baja: \$250 – \$450 por pie cuadrado". (Cedreo, 2025). • "Ampliación de baño de gama media: \$500 – \$800 por pie cuadrado". (Cedreo, 2025). • "Lujo: \$850 – \$1200+ por pie cuadrado". (Cedreo, 2025). <p>Para este caso, al no tener una variable que diga la calidad del baño, decidimos quedarnos con el costo de un baño medio.</p>
FireplaceQu: C_f $C_{f,Ex} =$ $C_{f,Gd} =$ $C_{f,TA} =$ $C_{f,Fa} =$ $C_{f,Po} = \$3,000$ $C_{f,Na} = 0$	<p>Costos de calidad de chimenea</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ex: • Gd: "Construir una chimenea de mampostería cuesta entre \$3,500 y \$5,600" (Grupa, 2024). • TA: "Instalar una chimenea de ladrillo prefabricada cuesta entre \$2,000 y \$3,000" (Grupa, 2024). • Fa: • Po: "En promedio, instalar una estufa de leña cuesta \$3,000. Sin embargo, los precios varían entre \$1,500 y \$4,000" (Jonaitis, 2025). <p>No tenemos información sobre el costo de chimeneas prefabricadas que se instalan en el sótano o living. Es por esto que decidimos hacerlo en base a los materiales y no al lugar en donde se encuentran ubicadas dentro de la vivienda.</p>

GarageQual y GarageCond: C_g $C_{g,Ex} = \$51,659$ $C_{g,Gd} =$ $C_{g,TA} = \$24,038$ $C_{g,Fa} =$ $C_{g,Po} = \$4,188$ $C_{g,Na} = 0$	Costos de calidad del garaje <ul style="list-style-type: none"> • Ex(5): Costo de gama alta \$51,659. • Gd(4): Interpolada. • TA(3): Costo promedio \$24,038. • Fa(2): Interpolada. • Po(1): Costo de gama baja \$4,188. (Carthan, 2025).
GarageFinish: C_{GFin} $C_{GFin,Fin} =$ $C_{GFin,RFin} =$ $C_{GFin,Unf} = \$27,5$ $C_{GFin,Na} = 0$	Costo de acabado del garaje "Características que se mueven o instalan comúnmente en las remodelaciones de garajes son: armarios, puertas de garaje, electrico, aislamiento, paneles de yesos y pisos " (Simms, 2025). <ul style="list-style-type: none"> • Fin: "Un garaje terminado es aquel que cuenta con paneles de yeso que cubren las vigas y los huecos. Puede tener o no aislamiento y cableado eléctrico" (Dykstra, 2020). • RFin: • Unf: "El costo de construir un garaje sin terminar puede variar mucho, pero en promedio, se espera un precio base de entre \$15 y \$40 por pie cuadrado" (Cutter Construction LLC, s.f.).
GarageArea $C_{GarageArea} = \$47,5$	"¿Cuánto cuesta construir un garaje? \$35 – \$60 costo por pie cuadrado" (Grupa, 2025).
OpenPorchSF EnclosedPorch 3SsnPorch ScreenPorch	

Pool: C_p $C_{PoolArea} = \$88$ $C_{Pool,Ex} = \$135,000$ $C_{Pool,Gd} = \$96,333$ $C_{Pool,TA} = \$57,667$ $C_{Pool,Fa} = \$19,000$ $C_{Pool,NA} = 0$	<ul style="list-style-type: none"> • "El presupuesto promedio es de \$88 por pie cuadrado para una piscina enterrada" (Loveland, 2025). • Ex: "Una piscina grande, personalizada, con características de lujo y materiales de alta gama podría costar más de \$135,000" (Loveland, 2025). • Gd: Interpolada. • TA: Interpolada. • Fa: "Una piscina pequeña y básica, hecha con materiales económicos, podría costar tan solo \$19,000" (Loveland, 2025).
---	---

Fence: C_{Fence} $C_{Fence} = \$40$ $C_{Fence,GdPrv} = \$42$ $C_{Fence,MnPrv} = \$31.33$ $C_{Fence,GdWo} = \$12$ $C_{Fence,MnWw} = \$2$ $C_{Fence,NA} = 0$	<ul style="list-style-type: none"> • "Una cerca nueva cuesta entre \$20 y \$60 por pie lineal" (Grupa, 2025)." <p>"Para las cercas de privacidad, las dos alturas estándar son 6 pies y 8 pies." (Moore, 2025).</p> <ul style="list-style-type: none"> • GdPrv: "\$6,300 por una cerca de 8 pies de altura" (Moore, 2025). • MnPrv: "Para una cerca de privacidad de 150 pies lineales, espera pagar aproximadamente \$4,700 por una cerca de 6 pies de altura" (Moore, 2025). • GdWo: "Una cerca de madera cuesta entre \$10 y \$14 por pie" (Grupa, 2025). • MnWw: "La cerca más económica que puede instalar es una de alambre, con un precio promedio de \$2 por pie" (Grupa, 2025).
---	---

12 Bibliografía

<https://homeguide.com/costs/tar-and-gravel-roof-cost?>
<https://roofing.promatcher.com/cost/>
<https://homeguide.com/costs/roll-roofing-cost?>
<https://howmuchdoessidingcost.com/iowa-siding-cost/>
<https://homeguide.com/costs/siding-cost?>
<https://howmuch.net/costs/hvac-heating-furnace-gas-floor-install>
<https://kssupply.com/cozy-gas-floor-furnaces/>
<https://www.homeadvisor.com/cost/basements/>
<https://www.angi.com/articles/primary-bedroom-bath-cost.htm>
<https://www.blockrenovation.com/guides/how-much-does-it-cost-to-add-a-bathroom-to-a-house-:text=Un>
<https://www.angi.com/articles/wood-foundation.htm>
<https://remotestimation.us/concrete-slab-foundation-cost/: :text=What>
<https://www.homeadvisor.com/cost/foundations/install-a-foundation/>
<https://www.thekitchn.com/average-kitchen-remodel-cost-23636232>

<https://bighow.com/news/utility-installation-costs-for-new-land?>
<https://homeguide.com/costs/brick-veneer-cost?>
<https://www.angi.com/articles/how-much-does-brick-veneer-cost.htm>
<https://www.angi.com/articles/stone-siding-cost.htm>
<https://www.angi.com/articles/cost-to-replace-asbestos-siding.htm>
<https://www.weitzlux.com/blog/is-asbestos-banned-in-the-us/>
<https://www.rapidrestoreny.com/blog/roof-replacement/roofing-shingles-prices/>
[:text=Also](https://www.certainteed.com/inspiration/how-tos/types-asphalt-roofing-shingles)
[:text=Gravel](https://www.lawnstarter.com/blog/cost/gravel-driveway-price/)
<https://www.angi.com/articles/how-much-does-it-cost-pave-driveway.htm>
[:text=New](https://homeguide.com/costs/fencing-prices)
[:text=Obtener](https://homeguide.com/costs/fence-installation-cost)
<https://www.angi.com/articles/how-much-does-privacy-fence-cost.htm> <https://www.homeadvisor.com/cost/ki>
<http://angi.com/articles/how-much-does-privacy-fence-cost.htm>
<https://www.angi.com/articles/wood-burning-stove-installation-cost.htm>
<https://www.angi.com/articles/how-much-does-it-cost-remodel-garage.htm?>
<https://homeguide.com/costs/cost-to-build-a-house>
<https://todayshomeowner.com/roofing/cost/clay-roof-cost/>
[:text=](https://www.thespruce.com/basic-types-and-cost-of-roofing-materials-1822016)
<https://homeguide.com/costs/cedar-shake-roof-cost?>
<https://www.angi.com/articles/how-much-does-it-cost-install-stucco-siding.htm>
<https://www.vintagecast.com/how-much-does-precast-concrete-cost-per-sf/>
<https://planner5d.com/costs/hardboard-siding-cost?>
https://homeguide.com/costs/cost-to-build-a-garage?utm_source=chatgpt.comcalc
<https://www.coohom.com/in/article/current-plywood-rates-per-square-foot?>
[:text=in](https://homeguide.com/costs/cinder-block-wall-cost)
<https://www.angi.com/articles/how-much-does-it-cost-replace-vinyl-fiber-cement-siding.htm>
<https://estimators.us/foundation-cost-per-square-foot/>
[:text=Red](https://homeguide.com/costs/brick-prices)
<https://nuanceenergy.com/solar-blog/stone-foundations-for-solar-arrays-cost-pros-cons?>
<https://cutterconstructionllc.com/unveiling-the-cost-implications-of-adding-a-garage-to-your-home-a-comprehensive-guide/>

References