


Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Agroalimentària

Títol: Projecte d'una coberta vegetal a l'Escola Santa Margarida de Quart (Gironès)

Document: Memòria

Alumne: Gerard Masferrer Gironella

Tutor: Miquel Duran i Ros

Departament: Enginyeria Química Agrària i Tecnologia Agroalimentària

Àrea: Enginyeria Agroforestal

Convocatòria (mes/any): (setembre/2022)

ÍNDEX

1. Objectiu del projecte	1
2. Antecedents del projecte.....	2
2.1. Motivacions	2
2.2. Cobertes verdes en l'actualitat	2
3. Condicionants	3
3.1. Condicionants del promotor.....	3
3.2. Condicionants legals	4
3.3. Condicionants climàtics	5
3.4. Disponibilitat i qualitat de l'aigua de reg.....	6
4. Situació actual	7
4.1. Localització i comunicacions	7
4.2. L'escola	7
4.2.1. Espais de la coberta	8
4.2.2. Aïllament de la coberta	9
4.2.3. Drenatges de la coberta	9
4.2.4. Mitjans disponibles	9
5. Estudi d'alternatives del projecte.....	10
5.1. Tipologia de la coberta	10
5.2. Sistema d'instal·lació de la coberta	10
5.3. Vegetació	10
6. Enginyeria del projecte	11
6.1. Enginyeria del procés	11
6.1.1. Programa productiu	11
6.1.2. Procés productiu.....	12
6.1.3. Necessitats del projecte.....	13
7. Sistema de reg.....	17
7.1. Descripció general.....	17
7.2. Dimensionament	17
7.2.1. Disseny agronòmic	17
7.2.2. Disseny hidràulic	17
8. Càlcul de càrregues de la coberta verda.....	19
8.1. Identificació d'elements	19
8.2. Càrregues	20
9. Manteniment.....	21

10. Programació de l'execució	22
11. Impacte ambiental.....	24
11.1. Fixació de carboni	24
11.2. Aïllament tèrmic.....	24
11.3. Aïllament acústic	24
11.4. Millora de la biodiversitat	24
11.5. Captura de partícules fines.....	24
12. Pressupost.....	25

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 3-1. Evolució de l'evapotranspiració de referència al llarg de l'any a partir de les dades obtingudes de l'estació meteorològica de Girona en el període set. 2010-oct. 2019 (Servei Meteorològic de Catalunya, 2019).	5
Figura 6-1. Esquema de la col·locació de la caixa de registre entre la capa drenant i filtrant (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2012).....	14
Figura 6-2. Esquema d'exemple de la delimitació de 30 cm respecte al perímetre de la coberta, les caixes de registre i ancoratges (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2012).	15
Figura 10-1. Diagrama PERT.....	22
Figura 10-2. Diagrama Gantt.	23

ÍNDIX DE TAULES

Taula 4-1. Resum de les diferents superfícies de l'escola (Sede Electrónica del Catastro).....	7
Taula 4-2. Superfícies útils dels espais de l'Escola Santa Margarida de Quart (any 2019).	8
Taula 6-1. Època de floració de les espècies vegetals que s'implementaran a la coberta verda de l'escola Santa Margarida de Quart. Llegenda: P, primavera; E, estiu; T, tardor.	11
Taula 6-2. Característiques bàsiques del substrat (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2012).....	16
Taula 7-1. Dimensiones de les canonades del sistema de reg i les pèrdues de càrrega (Δh) del sistema de reg.	17
Taula 7-2. Valors utilitzats pel càlcul de la pressió, en negreta la pressió necessària a l'origen.	18
Taula 8-1. Càrregues dels elements de la coberta verda. El subtotal mostra la suma dels elements que cobreixen el conjunt de la coberta. Els totals mostren la suma dels elements de la zona en qüestió i el subtotal dels elements esmentats anteriorment. (CTE, 2006) (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2012) (Igniagreen, 2017) (ZinCo, 2021).	20
Taula 8-2. Càrrega de la capa de grava que hi ha actualment a la coberta, que serà retirada.	20

Taula 10-1. Activitats i el seu temps PERT. 22

1. Objectiu del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és dissenyar una coberta verda a l'Escola Santa Margarida de Quart (Gironès). Aquesta coberta verda augmentarà la superfície vegetal de l'escola, la farà més sostenible energèticament, augmentarà la biodiversitat de la zona i aprofitarà un espai que actualment només fa la funció de coberta. L'escola està situada a l'oest del nucli urbà de Quart i el projecte s'emplaçarà a la coberta de l'edifici principal de l'escola. Aquesta compta amb una superfície plana d'uns 1.400 m², dividida en diferents seccions rectangulars unides entre si. Actualment, a la coberta hi ha grava, que evita la germinació d'herbes no desitjades.

Es realitzarà un estudi d'alternatives dels materials i sistemes d'implementació de la coberta verda, també s'estudiaran els possibles usos que pugui tenir aquesta, es determinarà el pressupost i es programarà l'execució de l'obra.

2. Antecedents del projecte

2.1. Motivacions

L'Escola Santa Margarida compta amb una superfície de pati exterior d'aproximadament 1.800 m², dels quals 695 m² són una pista de ciment i la resta és terra de grava. Dins d'aquest espai exterior hi ha molt poca vegetació, tan sols sis arbres aïllats.

Es pretén implementar la coberta verda amb les finalitats següents:

- Incrementar l'espai verd de l'escola.
- Aprofitar un espai en desús.
- Com a recurs educatiu pels escolars.
- Motius mediambientals: fixació de carboni, estalvi energètic de l'edifici, fomentar la biodiversitat, etc.

2.2. Cobertes verdes en l'actualitat

Repartits pel territori català es poden trobar molts exemples de cobertes verdes, tot i que gran part estan concentrats a Barcelona i localitzats en infraestructures públiques. Aquests projectes solen estar emmarcats en l'educació ambiental i en la sostenibilitat.

Com a projecte notori destaca MónNatura Pirineus, situat al municipi d'Alt Àneu a la comarca del Pallars Sobirà. Aquest edifici compta amb diverses instal·lacions i amb una coberta verda de més de 3.000 m², que aprofitant el vessant de la muntanya deixa un cantó de la coberta a l'altura del sòl.

D'altra banda, també cal destacar per la similitud al projecte present, l'Escola Salesians de Sarrià (Barcelona). Aquest centre compta amb una coberta verda de gairebé 200 m² on hi ha gespa, arbustos i plaques solars. L'utilitzen com a espai verd i com a eina de formació pels alumnes del centre.

Per més informació d'aquest i d'altres projectes, consultar *l'ANNEX 1. Les cobertes verdes*.

3. Condicionants

3.1. Condicionants del promotor

El promotor imposa com a condició que la nova coberta verda ha d'estar en consonància amb l'entorn de l'escola, procurant causar el mínim impacte ambiental possible i respectant l'estructura de l'edifici. La part de l'escola que es cobrirà serà la secció rectangular que queda més a l'est de l'escola i que limita amb el pati. Aquesta secció té una superfície d'uns 220 m², veure *Plànol 7: Coberta verda*.

Per tal de fer que la coberta verda sigui el màxim de sostenible possible s'ha imposat com a condicionant que el disseny es faci seguint els principis de la xerojardineria. Aquesta tècnica es basa a reduir el màxim ús de recursos necessaris per a la implantació de la coberta verda. Aquests recursos poden ser de mà d'obra, hídrics, energètics, ús de fitosanitaris, entre d'altres.

Els principis bàsics de la xerojardineria a seguir són:

- Planificació i disseny adequats a la zona: fer un disseny previ per tal de tenir una base durant tota la planificació i poder distribuir els recursos més eficaçment. S'han de tenir en compte:
 - Les característiques del lloc: zones de sol i d'ombra, vent, pendent...
 - Necessitats: l'ús que se'n farà del jardí.
- Topografia del terreny i anàlisi del sòl: estudiar el terreny per tal de poder escollir les espècies vegetals que siguin més adients a cada zona segons el pendent, humitat i tipus de sòl. Valorar si cal fer millores o correccions de les condicions físiques del sòl.
- Selecció d'espècies: una bona selecció d'espècies permet un gran estalvi de recursos, especialment hídrics. S'ha de tenir en compte:
 - Clima de la zona.
 - Sòl: característiques fisicoquímiques, profunditat, superfície...
 - Prioritzar les espècies autòctones.
- Optimitzar les zones de gespa: evitar les zones amb gespa, ja que comporta un ús de recursos molt elevat i un alt cost de manteniment.
- Eficiència de reg: procurar que el jardí sigui hídricament sostenible. Si el reg és necessari, s'ha de procurar la màxima eficiència, creant zones amb necessitats hídriques similars.
- Utilització d'encoixinaments: poden ser d'origen orgànic o inorgànic i proporcionen:
 - Major retenció d'aigua del sòl.
 - Temperatura de les arrels més estable.
 - Menor erosió del vent.
 - Evita la germinació d'herbes no desitjades.
- Manteniment adequat: un xerojardí no hauria de tenir un gran manteniment però tot i això, s'ha de fer periòdicament: control d'herbes no desitjades, comprovar que el sistema de reg funciona adequadament, manteniment de l'encoixinat, etc.

3.2. Condicionants legals

Els condicionants legals de caràcter més específic que s'han de tenir en compte a l'hora de redactar el projecte són:

- Llei 30/2006 del 26 de juliol, de llavors, plantes de viver i recursos (Llei 30/2006). Modificada per la Llei 25/2009 del 22 de desembre (Llei 25/2009), el Reial Decret 199/2017 del 3 de març (Reial Decret 199/2017) i el Reial Decret 429/2020 del 3 de març (Reial Decret 429/2020).
- Llei 43/2002 del 20 de novembre, de sanitat vegetal (Llei 43/2002). Modificada per la Llei 62/2003 del 30 de desembre (Llei 62/2003), la Llei 4/2004 del 29 de desembre (Llei 4/2004) i la Llei 2/2011 del 4 de març (Llei 2/2011),
- Mapa urbanístic de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2008), que classifica com a "Sòl urbà" la parcel·la on hi ha l'edificació.
- Normes subsidiàries de Quart (Comissió Territorial d'Urbanisme de Girona, 2005).
- Normes Tècniques de la jardineria i el paisatgisme (NTJ). Especialment la NTJ 11 Enjardinaments especials (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2012).
- Reglament (UE) 1143/2014 del 22 d'octubre, sobre a prevenció i la gestió de la introducció i propagació d'espècies exòtiques invasores (UE 1143/2014).
- Reglament (UE) 2016/2031 del 26 d'octubre, relatiu a les mesures de protecció contra les plagues dels vegetals (UE 2016/2031).
- Reglament (UE) 2017/2313 del 13 de desembre, relatiu al passaport fitosanitari (UE 2017/2313).
- Reial Decret 314/2006 del 16 de març, pel qual s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE, 2006). Inclosos els Documents Bàsics (DB): Estalvi d'energia (HE), Protecció davant el soroll (HR), Salubritat (HS), Seguretat d'utilització i accessibilitat (SUA), Seguretat en cas d'incendi (SI), Seguretat Estructural (SE).
- Reial Decret 58/2005 del 21 de gener, pel qual s'adopten mesures de protecció contra la introducció i difusió al territori nacional i de la Comunitat Europea d'organismes nocius pels vegetals o productes vegetals, així com per a l'exportació i trànsit a països tercers (Reial Decret 58/2005).
- Reial Decret 630/2013 del 2 d'agost, pel qual es regula el Catàleg espanyol d'espècies exòtiques invasores (Reial Decret 630/2013).
- Reial Decret 842/2002 del 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament electrotècnic per a la baixa tensió (Reial Decret 842/2002).

3.3. Condicionants climàtics

Seguint els criteris de classificació termopluiomètrica del Servei Meteorològic de Catalunya, la població de Quart es troba a la divisió climàtica Mediterrània Prelitoral Nord. Aquesta zona climàtica es caracteritza per tenir una precipitació anual variable, de 650 mm a 1000 mm, concentrada sobretot durant la primavera i la tardor.

Tèrmicament, la zona té uns hiverns moderats i uns estius calorosos. El mes d'agost és el que té una temperatura màxima mitjana més alta (30,9 °C) i uns vint dies càlids de mitjana ($T > 30^{\circ}\text{C}$). El mes de febrer és el que té la temperatura mínima mitjana més baixa (-0,4 °C), i el mes de gener el mes amb més dies amb gelades (19,1 dies).

Finalment, l'evapotranspiració tal com es pot veure a la Figura 3-1, agafa el seu valor màxim durant el mes de juliol, amb un valor de 5,01 mm/dia.

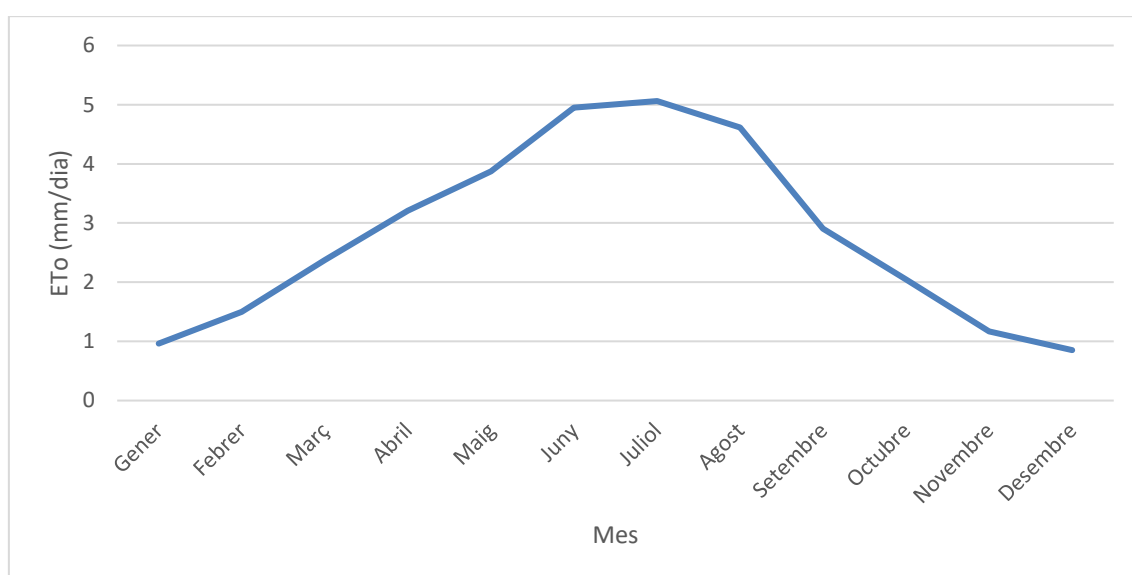


Figura 3-1. Evolució de l'evapotranspiració de referència al llarg de l'any a partir de les dades obtingudes de l'estació meteorològica de Girona en el període set. 2010-oct. 2019 (Servei Meteorològic de Catalunya, 2019).

Amb l'estudi climàtic de la ubicació de l'escola, s'ha comprovat que és un lloc apte per la implementació d'una coberta verda. Per més informació consultar l'ANNEX 2. *Condicionants*.

3.4. Disponibilitat i qualitat de l'aigua de reg

L'aigua que s'utilitzarà pel reg de la coberta verda prové de la xarxa pública. En el cas del municipi de Quart, l'aigua està subministrada per la potabilitzadora de Montfullà, gestionada per Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter, S.A. A l'*ANNEX 2. Condicionants*, s'hi pot veure un recull dels principals paràmetres de qualitat de l'aigua subministrada, concloent que és una aigua apta per el reg.

4. Situació actual

4.1. Localització i comunicacions

L'Escola Santa Margarida és una de les dues escoles del municipi de Quart. Està situada al nucli urbà de Quart, a la comarca del Gironès, dins de la província de Girona, situada al nord-est de Catalunya. El municipi de Quart delimita pel Nord amb el municipi de Girona, a poc més de 5 km de distància els nuclis urbans d'ambdós municipis.

El municipi de Quart compta amb una superfície de 38,1 km² i una població total de 3.856 habitants (Institut d'Estadística de Catalunya, 2022). El municipi està conformat per sis entitats de població: Castellar de la Selva, la Creueta, Montnegre, Palol d'Onyar, Quart i Sant Mateu de Montnegre.

L'orografia de la zona és suau, sent més muntanyosa a la meitat est del municipi, la qual ocupa part del massís de les Gavarres. L'altitud del nucli urbà de Quart és de 91 m sobre el nivell del mar.

L'escola es troba a l'encreuament entre el carrer del Tren i el carrer Escoles, tenint entrada pels dos carrers, essent la principal la del carrer del Tren número 60. A uns 300 m hi ha el carrer principal de la població, la carretera de Girona a Sant Feliu de Guíxols. D'altra banda, pel sud del nucli urbà hi passa la C-65, sent la carretera principal més pròxima a l'escola.

Per veure la localització, emplaçament i situació de l'escola amb més detall, consultar: *Plànol 1., Localització i Plànol 2. Emplaçament.*

4.2. L'escola

L'escola, a l'edifici que ocupa actualment, va començar les seves classes l'any 1989 i ofereix els cursos de l'etapa d'educació infantil i primària.

L'edifici principal consta de diverses seccions de planta rectangular, que es van anar construint per fases a mesura que augmentava el nombre d'alumnes. Tota l'escola està construïda a un únic nivell a l'altura del terra. Per veure més detalladament la distribució de l'escola, consultar *Plànol 3: Distribució general de l'Escola Santa Margarida.*

A continuació a la Taula 4-1, es mostra un resum de les diferents superfícies de l'escola:

Taula 4-1. Resum de les diferents superfícies de l'escola (Sede Electrónica del Catastro, 2022).

Espai		Superfície (m ²)
Edifici principal		1.530
Pista de formigó		667
Gimnàs cobert		381
Pati i altres descobertes	superfícies	1.823
Total		4.431

4.2.1. Espais de la coberta

Tal com es pot veure al *Plànol 3: Distribució general de l'Escola Santa Margarida*, l'escola està dividida per un vestíbul central que travessa des del pati fins a l'entrada que dona al Carrer Escoles D'aquest vestíbul central en surten els diferents passadissos que porten a les aules. A continuació a la Taula 4-2 es mostren les superfícies útils dels diferents espais de l'escola classificades pels seus usos:

Taula 4-2. Superfícies útils dels espais de l'Escola Santa Margarida de Quart (any 2019).

Espais		Superfície (m ²)
Aules	P3 A	43
	P3 B	42
	P4 A	36
	P4 B	39
	P 5	39
	1r	41
	2n	41
	3r A	40
	3r B	40
	4t	40
	5è A	40
	5è B	39
	6è	41
	Informàtica	30
	Psicomotricitat	62
	Audiovisuals	35
	Suport	10
	Educació especial	10
Subtotal aules:		668
Biblioteca		63
Administració	Direcció	17
	Despatx 1	10
	Despatx 2	8
	Subtotal adm.:	
Sala mestres		50
Lavabos		58
Cuina		19
Menjador		82
Caldera		9
Total:		984

4.2.2. Aïllament de la coberta

L'aïllament superior de la coberta està conformat per una capa de tela asfàltica per evitar les filtracions d'aigua, i per una capa de grava de riu de 4 cm que evita la germinació d'herbes.

4.2.3. Drenatges de la coberta

La coberta disposa de diversos drenatges pluvials que recullen l'aigua que s'hi canalitza mitjançant pendents en la mateixa coberta, tal com es pot veure al *Plànol 6: Sistema de drenatge actual*.

Els drenatges originalment van ser dimensionats per recollir el total de l'aigua de la pluja que caigués sobre la coberta.

4.2.4. Mitjans disponibles

L'escola no disposa de maquinària ni de material per a la construcció de la coberta verda. Sí que es disposa de subministrament d'aigua i elèctric.

5. Estudi d'alternatives del projecte

A l'ANNEX 3. *Anàlisi d'alternatives*, s'hi descriuen detalladament les alternatives del projecte, especificant-ne la identificació, avaluació i elecció de cada una.

5.1. Tipologia de la coberta

S'ha escollit que la tipologia de la coberta serà extensiva, ja que presenten menys manteniment i consum d'aigua, i s'adapten millor al condicionant del promotor de seguir els principis de la xerojardineria.

S'han descartat les tipologies de coberta semiintensives i intensives.

5.2. Sistema d'instal·lació de la coberta

El sistema que s'utilitzarà serà el multicapa, ja que es pot adaptar bé a la coberta i permet una major elecció de substrats i materials, proporcionant més llibertat a l'hora de reduir la càrrega sobre la coberta.

S'ha descartat el sistema modular per a la instal·lació de la coberta.

5.3. Vegetació

S'ha escollit una barreja de suculentas del gènere *Sedum* per implementar a la coberta verda. Aquestes plantes tenen unes molt baixes necessitats de manteniment i reg, adaptant-se als principis de la xerojardineria. D'altra banda, necessiten un gruix de substrat baix, reduint així la càrrega sobre la coberta.

Les espècies que s'implementaran són les següents:

- *Sedum acre*.
- *Sedum album*.
- *Sedum dasyphyllum*.
- *Sedum sediforme*.
- *Sedum sexangulare*.
- *Sedum spurium*.

S'han descartat les opcions d'utilitzar una barreja plantes perennes i una de plantes perennes i suculentas per implementar a la coberta. Les espècies de perennes que s'han valorat es mostren a continuació, i s'utilitzarien en els dos casos descartats, en un soles i en l'altre juntament amb la barreja de suculentas mencionades anteriorment:

- *Aphyllanthes monspeliensis*.
- *Armeria maritima*.
- *Dianthus deltoides*.
- *Festuca glauca*.
- *Frankenia laevis*.
- *Helichrysum stoechas*.
- *Satureja montana*.

6. Enginyeria del projecte

En el present apartat s'hi descriuen el programa i procés productiu i les necessitats pròpies del projecte.

6.1. Enginyeria del procés

6.1.1. Programa productiu

El programa productiu de la coberta verda es basa a aportar un valor ambientat a una coberta que abans no el tenia. El fet d'implementar l'estrat vegetal, amb el substrat i capes aïllants, augmentarà l'eficiència energètica de l'escola, reduint la transferència de calor de l'interior a l'exterior de l'escola a l'hivern i al revés a l'estiu.

D'altra banda, la vegetació absorbirà carboni atmosfèric i durant l'època de floració aportarà un component biològic que abans no hi era. Les espècies que hi haurà a la coberta verda, no necessiten poda pel seu manteniment i tampoc serà necessari canviar-les segons la temporada, ja que hi seran de manera permanent. A la Taula 6-1 s'hi pot veure el conjunt de les espècies de la coberta i les seves característiques de floració.

Taula 6-1. Època de floració de les espècies vegetals que s'implementaran a la coberta verda de l'escola Santa Margarida de Quart. Llegenda: P, primavera; E, estiu; T, tardor.

Nom científic	Època floració	Color flor
<i>Sedum acre</i>	P-E-T	Groc
<i>Sedum album</i>	P-E	Blanc
<i>Sedum dasyphyllum</i>	P-E	Blanc
<i>Sedum sediforme</i>	P-E	Groc
<i>Sedum sexangulare</i>	E	Groc
<i>Sedum spurium</i>	E	Rosat

6.1.2. Procés productiu

A continuació es mostra, per ordre d'execució, el procés que se seguirà per a la construcció de la coberta:

- Instal·lació del punt d'accés.
- Retirada de la grava.
- Neteja i revisió de la tela asfàltica.
- Instal·lació de la làmina impermeabilitzant de reforç.
- Instal·lació del sistema de seguretat.
- Instal·lació de la malla protectora.
- Instal·lació de la capa drenant.
- Col·locació de les caixes de registre.
- Instal·lació de la malla filtrant.
- Instal·lació dels perfils separadors.
- Col·locació de la grava perimetral i interior.
- Col·locació del substrat.
- Instal·lació del sistema de reg.
- Col·locació de les mantes de vegetació.

Periòdicament, es faran operacions de manteniment que evitaran el deteriorament de la coberta enjardinada. Al punt 6. *Manteniment*, de la memòria es presenten aquestes operacions detalladament. Concretament, aquestes són:

- Regs de manteniment.
- Podes de l'excés de vegetació.
- Replantació de les zones exposades.
- Neteja de brossa i plantes seques.
- Inspeccions de control.
- Control de plagues i malalties.
- Control del sistema de reg.
- Fertilització
- Control de plantes adventícies.
- Revisió del sistema de drenatge.

6.1.3. Necessitats del projecte

6.1.3.1. Instal·lació del punt d'accés

S'instal·larà una escala vertical de seguretat per tal de poder accedir a la coberta enjardinada. L'escala estarà ubicada al pati interior que dona a les aules, zona que no és accessible per l'alumnat. Veure *Plànol 7. Coberta verda*.

6.1.3.2. Retirada de la grava

Per tal de poder executar la coberta enjardinada s'haurà de retirar la grava que hi ha actualment sobre la superfície de la coberta. Tenint en compte que aquesta capa té un gruix de 4 cm i que la superfície que cobreix és d'uns 220 m², es pot deduir que s'extraurà un volum de grava de 8,8 m³. Si es considera una densitat de la grava de 1.700 kg/m³, el volum de grava representa una descàrrega de 14.960 kg. Del total de la grava retirada, se'n separaran 2,16 m³, que s'emmagatzemaran prop de l'edificació per tal de ser reutilitzats com a separació perimetral. La grava separada es rentarà amb aigua, per tal de treure'n les partícules fines.

6.1.3.3. Neteja i revisió de la tela asfàltica.

Es netejarà la superfície de pols i possibles restes de la grava. Es revisarà la tela asfàltica i en cas de trobar fissures es repararan amb el mateix material.

6.1.3.4. Instal·lació de la làmina impermeabilitzant de reforç

Es col·locarà una segona capa impermeabilitzant damunt de la tela asfàltica, aquesta tot i estar feta del mateix material base, tindrà funció antiarrels. D'aquesta manera es reforçarà la impermeabilització i s'evitarà el possible contacte de les arrels amb la coberta. Les làmines s'hauran d'instal·lar amb un encavalcament mínim de 10 cm entre elles, i cobriran un mínim de 20 cm d'altura per sobre de la capa de grava perimetral.

6.1.3.5. Instal·lació del sistema de seguretat.

El sistema de seguretat constarà d'un cable d'acer que travessarà pel centre de la secció rectangular que conforma la coberta, paral·lel als costats més llargs d'aquesta. Tindrà una longitud de 25 m, els extrems estaran ancorats al muret que delimita la coberta i hi haurà ancoratges de suport cada 5 metres. Els ancoratges interiors seran d'acer galvanitzat i de 20 cm d'altura, aniran ancorats a terra mitjançant cargols pertinentment aïllats, per tal d'evitar filtracions d'aigua a la coberta. Al voltant dels punts d'ancoratge hi haurà un mínim de 30 cm de grava que faran de separació amb el substrat. Veure *Plànol 7. Coberta verda*.

6.1.3.6. Instal·lació de la malla protectora

S'instal·larà una malla de feltre protectora sobre la làmina impermeabilitzant. Aquesta tindrà la funció de separar la làmina impermeabilitzant de la capa drenant i haurà de tenir capacitat antipunxunament, per tal d'evitar possibles danys sobre la làmina impermeabilitzant. Les capes s'instal·laran amb un encavalcament mínim de 10 cm entre elles.

6.1.3.7. Instal·lació de la capa drenant

S'instal·larà una làmina perforada nodular de polietilè que farà la funció de capa drenant, amb un gruix mínim de 2 cm i un encavalcament mínim de 10 cm. D'aquesta manera s'evita l'estancament de l'aigua sobre la capa impermeabilitzant, facilitant el drenatge d'aquesta i fent separació entre el substrat i la coberta.

6.1.3.8. Col·locació de les caixes de registre

A la coberta hi ha dos punts de drenatge que estan situats al cantó del perímetre interior d'aquesta (veure *Plànol 6. Sistema de drenatge actual*). Sobre els drenatges s'hi col·locaran caixes de registre per tal d'evitar el pas de la grava i poder fer el control de l'embornal. Estaran situades tocant al muret i tindran unes dimensions de 40x40 cm. La caixa de registre serà de material plàstic, prefabricada i tindrà un contorn exterior en forma de L que se situarà entre la capa drenant i la malla filtrant (Figura 6-1).

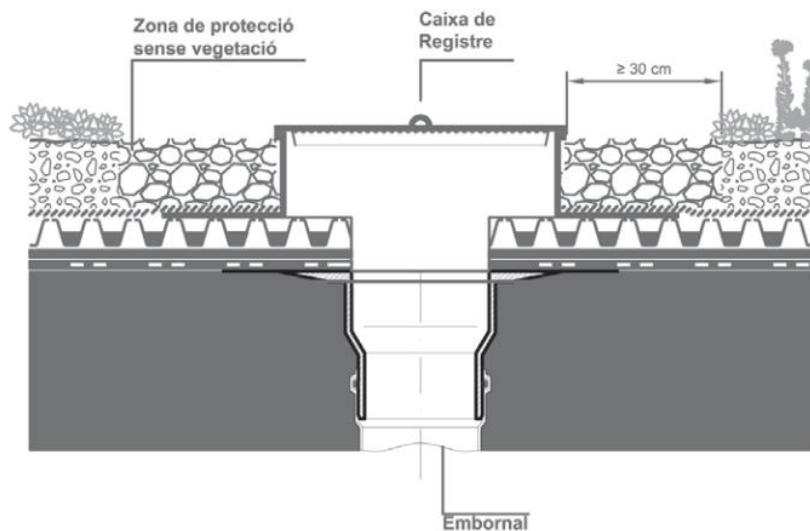


Figura 6-1. Esquema de la col·locació de la caixa de registre entre la capa drenant i filtrant (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2012).

D'altra banda, també es col·locarà una caixa de registre una de les cantonades de la coberta (veure *Plànol 7. Coberta verda*). En aquesta caixa de registre s'hi unirà a canonada principal amb la lateral.

6.1.3.9. Instal·lació de la malla filtrant

Sobre la capa drenant es col·locarà una malla geotèxtil amb funció filtrant, per tal d'evitar el pas de substrat a la capa drenant. Aquesta malla també té la funció d'emmagatzematge d'aigua, evitant l'assecament del substrat des de l'horitzó inferior pel contacte amb la làmina drenant, que està ventilada. Les capes s'instal·laran amb un encavalcament mínim de 20 cm entre elles.

6.1.3.10. Instal·lació dels perfils separadors

S'instal·laran perfils separadors amb forma de L resseguint el perímetre interior de la coberta, deixant 30 cm de separació amb aquesta i amb la base de la L orientada cap a la grava i amb una altura de 10 cm. També s'hauran d'instal·lar al voltant dels punts d'ancoratge interiors del sistema de seguretat i al voltant de les caixes de registre, amb la mateixa separació que en el perímetre de la coberta (Figura 6-2). Aquests perfils s'aguantaran pel mateix pes de la grava i no necessitaran ancoratge a la coberta. En total seran necessaris 75,7 m lineals de perfil.

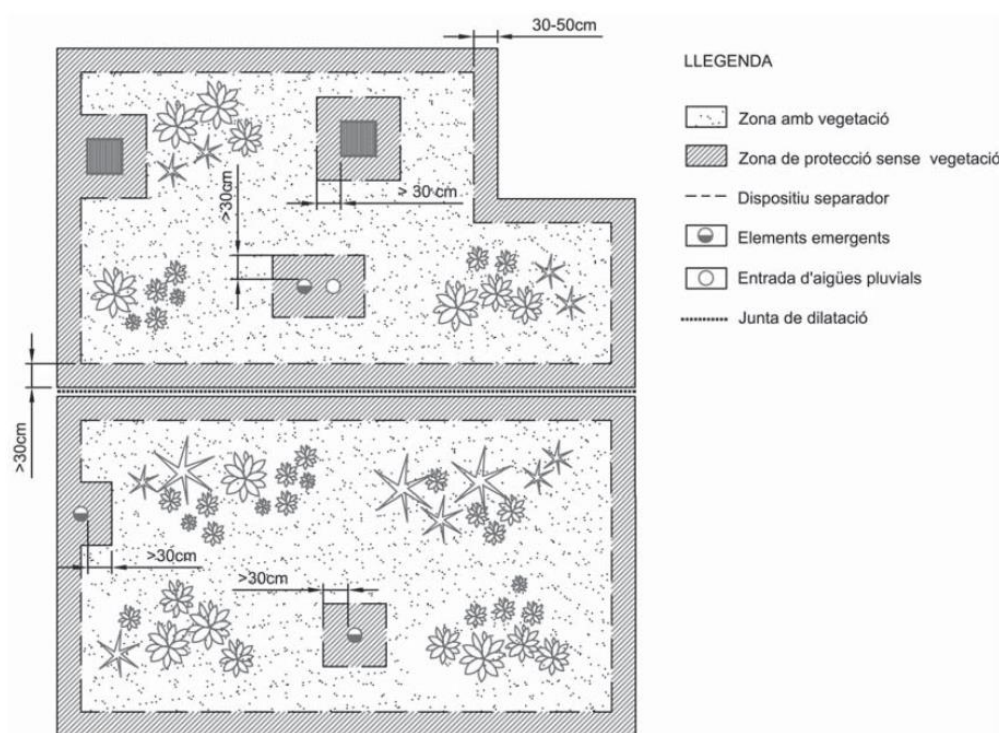


Figura 6-2. Esquema d'exemple de la delimitació de 30 cm respecte al perímetre de la coberta, les caixes de registre i ancoratges (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2012).

6.1.3.11. Col·locació de la grava perimetral i interior

S'ha de cobrir un total de 21,62 m² amb grava, amb una altura de 10 cm, per tant, es necessitaran un total de 2,16 m³ de grava. Tenint en compte el volum retirat anteriorment, es disposarà de suficient grava per cobrir la separació perimetral i les dels punts d'ancoratge interiors.

6.1.3.12. Col·locació del substrat.

La capa de substrat s'escamparà de manera homogènia sobre la malla filtrant, tindrà un gruix de 8 cm i haurà de recobrir una superfície de 192,03 m². Per tant, es necessita un volum de 15,38 m³ de substrat. Si es considera una densitat en sec d'uns 700 kg/m³, el volum calculat representa un pes total de 10.766 kg. A continuació es mostren les característiques bàsiques que ha de tenir el substrat (Taula 6-2).

Taula 6-2. Característiques bàsiques del substrat (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2012).

Característica	Valor	Unitat
Contingut d'argila i llim	>20	% en massa
Diàmetre partícules més grans	≤12	mm
Contingut matèria orgànica	≤40	g/l
Permeabilitat a l'aigua	60 - 400	mm/min
Capacitat màxima de retenció d'aigua	≥20 - ≤65	% volum
Quantitat d'aire a capacitat de camp	≥10	% volum
pH	6,0 - 8,5	-
Conductivitat elèctrica	≤3	dS/m
Nitrogen (N)	≤80	mg/l (en CaCl ₂)
Fòsfor (P₂O₂)	≤200	mg/l (en CAL)
Potassi (K₂O)	≥700	mg/l (en CAL)
Magnesi (Mg)	≤200	mg/l (en CaCl ₂)

D'altra banda, el substrat haurà d'estar lliure de llavors no desitjades i de propàguls de plantes. Tampoc s'admetrà la presència d'impureses, com plàstics, metalls o ceràmiques.

6.1.3.13. Instal·lació del sistema de reg.

S'instal·larà una canonada principal de 36,40 mm de diàmetre que anirà des del punt d'aigua situat al pati interior (*Plànol 8. Sistema de reg*), fins a la caixa de registre de la coberta on es derivarà a la canonada lateral, de 28,00 mm de diàmetre. Els ramals de reg estaran separats 40 cm entre ells i tindran degoters cada 30 cm, amb un diàmetre de 16 mm.

6.1.3.14. Col·locació de les mantes de vegetació.

La capa vegetal de la coberta serà implementada mitjançant una manta, aquesta tindrà una barreja homogènia de les espècies indicades a *ANNEX 3. Anàlisi d'alternatives*, i tindrà una cobertura vegetal mínima del 95%. El gruix de l'estora serà d'entre 2 i 4 cm, amb un pes sec d'uns 15 kg/m² i un pes saturat d'uns 20 kg/m² (SemperGreen, 2019). Les mantes de vegetació tenen unes dimensions d'1 m x 2 m i cobriran una superfície d'uns 195 m². Es traslladaran a la coberta amb els palets on venen apilades mitjançant una grua.

7. Sistema de reg

7.1. Descripció general

El sistema de reg serà mitjançant degoters situats en els ramals de reg amb una separació entre ells de 30 cm. Els degoters tindran un cabal de funcionament d'1 l/h i una pressió mínima de funcionament d'1 atm. Els degoters que quedin a sobre de zones amb grava es desactivaran per tal d'optimitzar l'ús d'aigua.

A la coberta hi haurà un total de 20 ramals amb una longitud de 23,4 m i separats 40 cm entre ells. Tindran un diàmetre interior de 16 mm i exterior de 17,25 mm. Tots els ramals aniran connectats a una canonada secundària amb un diàmetre interior de 28 mm.

La canonada lateral anirà fins a una arqueta situada a la coberta on es connectarà a la canonada principal mitjançant una electrovàlvula, connectada a un programador de reg.

La canonada principal, amb un diàmetre interior de 36,4 mm, anirà fins a l'arqueta del pati interior on s'unirà amb la presa d'aigua de l'escola. S'ha dimensionat per tal de poder portar el doble del cabal necessari pel reg de la coberta, d'aquesta manera si mai es vol ampliar la coberta verda a les cobertes adjacents, no s'haurà de fer una nova canonada principal.

7.2. Dimensionament

7.2.1. Disseny agronòmic

El mes amb una major demanda d'aigua és el mes de juliol, amb una evapotranspiració del jardí (ET_L) de 62,1 mm. A l'evapotranspiració se li ha sumat les pèrdues degudes a la uniformitat i al maneig obtenint unes necessitats d'aigua de reg (IWR) de 73,6 mm.

Per veure els càlculs fets en detall consultar l'ANNEX 4. Reg.

7.2.2. Disseny hidràulic

A la Taula 7-1 s'hi mostren els resultats dels càlculs de la pèrdua de càrrega del sistema de reg i les dimensions de les canonades. A l'ANNEX 4. Reg, s'hi mostren els càlculs fets per l'obtenció dels resultats.

Taula 7-1. Dimensiones de les canonades del sistema de reg i les pèrdues de càrrega (Δh) del sistema de reg.

Tram	L (m)	D (m)	Q (m ³ /s)	Δh (m)
Ramal	23,39	0,016	$2,1 \cdot 10^{-5}$	0,02
Lateral	8,80	0,028	$4,2 \cdot 10^{-4}$	0,18
Principal	6,00	0,036	$8,4 \cdot 10^{-4}$	0,13
Total Δh contínua				0,22
Total Δh localitzada				0,06
Total Δh				0,40

Finalment, s'ha calculat la pressió necessària l'origen utilitzant l'equació de l'energia, tal com es pot veure a l'ANNEX 4. Reg. A la Taula 7-2 s'hi mostren els resultats obtinguts.

Taula 7-2. Valors utilitzats pel càlcul de la pressió, en negreta la pressió necessària a l'origen.

Tram	$(z_2 - z_1)$	P_2	Δh_{1-2}	P_1
Ramal	0	10,33	0,02	10,35
Lateral	0	10,35	0,21	10,56
Principal	3	10,56	0,15	13,71

La pressió mínima a l'inici del sistema de reg haurà de ser de 13,71 m.c.a., que equival a 1,32 atm. No serà necessari la instal·lació d'un sistema de bombeig per proporcionar la pressió necessària que requereix el sistema de reg, ja que l'abastament municipal d'aigua potable garanteix aquesta pressió.

8. Càlcul de càrregues de la coberta verda

8.1. Identificació d'elements

A continuació es mostra un llistat de totes les capes que compondran la coberta verda, ordenades segons la zona que ocupin:

- Tota la coberta:
 - Tela asfàltica.
 - Malla protectora.
 - Capa drenant.
 - Malla filtrant.
- Interior:
 - Substrat.
 - Manta vegetal.
- Perímetres interiors i d'elements interiors:
 - Grava.

S'ha de tenir en compte que el fet de col·locar aquests nous elements sobre la coberta, no influeix en les accions que ha de suportar aquesta, ja que continuaran sent les mateixes. Així doncs, no s'han calculat les accions del vent, sobrecàrregues d'ús, entre d'altres.

D'altra banda, s'ha depreciat el pes propi dels perfils delimitadors, caixes de registre, sistema de seguretat i sistema de reg, ja que tenen un pes inferior al volum de grava o substrat que ocupen, d'aquesta manera se sobredimensionen lleugerament els càlculs.

8.2. Càrregues

A la Taula 8-1 s'hi poden veure les càrregues dels diferents elements i el total de la suma d'aquests. Pel càlcul del pes del substrat s'ha utilitzat un valor de referència tenint en compte que està saturat d'aigua.

Taula 8-1. Càrregues dels elements de la coberta verda. El subtotal mostra la suma dels elements que cobreixen el conjunt de la coberta. Els totals mostren la suma dels elements de la zona en qüestió i el subtotal dels elements esmentats anteriorment. (CTE, 2006) (Fundació de la Jardineria i el Paisatge, 2012) (Igniagreen, 2017) (ZinCo, 2021).

Capa	Superfície (m ²)	Gruix (m)	Densitat (kg/m ³)	Pes (kg/m ²)	Càrrega (kN/m ²)
Tela asfàltica	214,26	—	—	4,80	0,047
Malla protectora	214,26	—	—	0,33	0,003
Capa drenant	214,26	—	—	0,55	0,005
Malla filtrant	214,26	—	—	0,24	0,002
			Subtotal:	5,92	0,058
Substrat	192,04	0,08	1500,00	120,00	1,176
Manta vegetal	192,04	—	—	20,00	0,196
			Total:	145,92	1,430
Grava	21,65	0,10	1700,00	170,00	1,666
			Total:	175,92	1,724

D'altra banda, s'ha calculat el pes de la grava que hi ha actualment a la coberta, tal com es pot veure a la Taula 8-2.

Taula 8-2. Càrrega de la capa de grava que hi ha actualment a la coberta, que serà retirada.

Capa	Superfície (m ²)	Gruix (m)	Densitat (kg/m ³)	Pes (kg/m ²)	Càrrega (kN/m ²)
Grava	214,26	0,04	1700,00	68,00	0,666

No s'ha pogut aconseguir dades de l'estructura, l'execució del projecte requeriria una determinació detallada dels elements constructius de la coberta de l'escola. Així doncs, es conclou que l'estructura resistirà les càrregues externes produïdes per la coberta verda.

9. Manteniment

Per tal d'evitar la degradació de la coberta, es realitzaran manteniments preventius de manera periòdica. En cas necessari es faran manteniments correctius, per tal de corregir qualsevol alteració no desitjada imprevista.

D'altra banda, es faran revisions ordinàries, fetes pel personal que treballi a la coberta. Tindran el propòsit de detectar possibles anomalies, que es comunicaran al responsable de manteniment de la coberta verda. També es faran inspeccions tècniques anualment, seran realitzades per personal qualificat i hauran d'anar acompanyades d'un informe.

Les operacions de manteniment aniran encarades a mantenir la vegetació en bones condicions i a retirar les possibles plantes adventícies d'espècies no desitjades o de zones on no hi ha substrat. A l'*ANNEX 5. Manteniment* s'hi poden veure les tasques detalladament i la seva periodicitat segons la fase d'implementació de la coberta verda.

El pressupost anual del manteniment serà de 587,96 €. Per veure el pressupost desglossat i al detall, consultar l'*ANNEX 5. Manteniment*.

10. Programació de l'execució

L'execució de la construcció de la coberta verda tindrà una durada de 14 dies laborals i serà duta a terme per una empresa externa especialitzada. Un cop acabada l'execució de l'obra, s'iniciarà el període de garantia de 2 anys, i començaran les tasques de manteniment de la coberta verda.

La durada de cada activitat s'ha determinat amb el temps PERT (Taula 10-1), a partir del qual s'ha generat el diagrama PERT (Figura 10-1) i el diagrama Gantt (Figura 10-2). A l'ANNEX 7. *Programació de l'execució* s'hi poden veure els càlculs detalladament.

Taula 10-1. Activitats i el seu temps PERT.

Activitat	Descripció	Temps PERT
A	Instal·lació del punt d'accés.	1,0
B	Retirada de la grava.	1,0
C	Neteja i revisió de la tela asfàltica.	0,5
D	Instal·lació de la làmina impermeabilitzant de reforç.	2,0
E	Instal·lació del sistema de seguretat.	0,7
F	Instal·lació de la malla protectora.	0,7
G	Instal·lació de la capa drenant.	0,7
H	Col·locació de les caixes de registre.	0,1
I	Instal·lació de la malla flitant.	0,7
J	Instal·lació dels perfils separadors.	1,0
K	Col·locació de la grava perimetral i interior.	1,0
L	Col·locació del substrat.	2,0
M	Instal·lació del sistema de reg.	1,5
N	Col·locació de les mantes de vegetació.	2,0

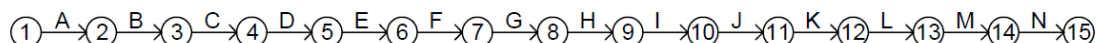


Figura 10-1. Diagrama PERT.

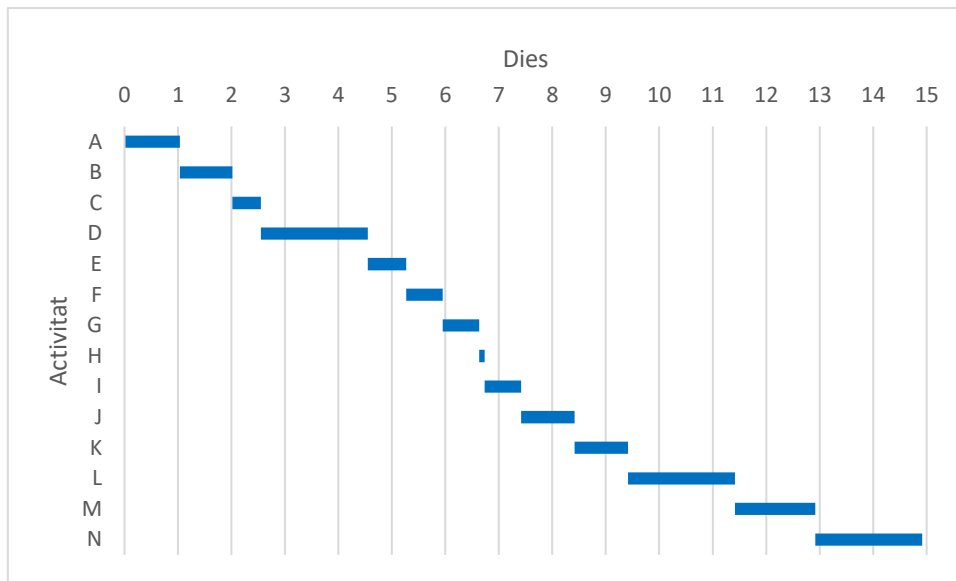


Figura 10-2. Diagrama Gantt.

11. Impacte ambiental

Com tota construcció, hi haurà certs impactes ambientals negatius, com podrien ser el soroll, la pols, la utilització de materials plàstics o el consum d'aigua. D'altra banda, els positius implicarien sobretot una millora de l'aïllament de l'edifici, evitant la pèrdua de calor a l'hivern i la seva entrada durant l'estiu. També es millorarà l'aïllament acústic i l'estrat vegetal tindrà la capacitat d'absorbir carboni atmosfèric, millorar la biodiversitat i capturar partícules fines.

Seguidament, s'exposen alguns dels impactes ambientals de la coberta verda, a l'ANNEX 6. *Impacte ambiental* es desenvolupen en detall i s'hi mostren els càlculs.

11.1. Fixació de carboni

La coberta verda tindrà la capacitat de fixar fins a 144 kg de carboni a l'any, que equivalen a 528 kg de diòxid de carboni. El carboni fixat es retirarà a partir de les restes vegetals produïdes pel mateix envelliment i mort de les plantes, i per l'eliminació de les plantes adventícies o de llocs no desitjats. La matèria vegetal retirada serà apta per ser reciclada o fer-ne compostatge.

11.2. Aïllament tèrmic

Amb la instal·lació de la coberta, s'aconsegueix passar d'un flux de calor (U) de 6,45 W/m²·K, a un flux de calor d'1,00 W/m²·K, millorant molt l'aïllament tèrmic. Aquesta millora de l'aïllament, permet un estalvi de combustible (estella) de 3581,41 kg l'any, que equival a un estalvi aproximat de 358,14 € l'any.

11.3. Aïllament acústic

Les cobertes verdes tenen una capacitat de reducció del soroll exterior de fins a 10 dB, i una reducció de fins a 3 dB de la reflexió del soroll ambiental.

11.4. Millora de la biodiversitat

La vegetació de la coberta proporcionarà un hàbitat apte sobretot pel que fa a insectes i a algunes espècies d'ocells, en especial durant l'època de floració.

11.5. Captura de partícules fines

La coberta verda serà capaç de capturar uns 25 kg de partícules fines a l'any, aquestes seran absorbides pel mateix substrat i les plantes.

12. Pressupost

El pressupost del projecte ascendeix a VINT-I-VUIT MIL QUATRE-CENTS TRENTA-NOU EUROS I TRENTA-VUIT (28.439,38 €) d'execució material, després d'afegir-hi el 13% de despeses generals, el 6% de benefici industrial i el 21% d'IVA, suma un total de **QUARANTA MIL NOU-CENTS QUARANTA-NOU EUROS I VUITANTA-SIS CÈNTIMS (40.949,86 €)**.

Girona, agost de 2022

L'estudiant del Grau en enginyeria agroalimentària,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gerard Masferrer Gironella', written in a cursive style.

Gerard Masferrer Gironella.